VOLUME I - TEORIA

Capítulo I - PROGRESSO DO PROJETO DE BARCOS A VELA.

Devemos lembrar-nos que o barco a vela foi durante séculos o meio do homem se transportar pelos mares sem o uso direto de sua própria força muscular.

Durante estes séculos pouco se sabia sobre a teoria do projeto de veleiros.

O instinto e a experiência eram os guias de projeto, muitas vezes influenciados por teorias errôneas.

Com o advento do navio a vapor e o desenvolvimento destes devido a facilidade de manuseio e o desenvolvimento do comércio entre países, foi dada mais importância ao estudo das formas do casco visando ganhos na potência propulsora instalada, na estabilidade e também na segurança da carga a bordo.

A partir daí, já em bases matemáticas, começou uma nova era nos projetos de barcos a vapor e devido a isto, também se beneficiaram os projetistas de veleiros pelo aumento dos conhecimentos sobre as leis físicas que regem o movimento das embarcações.

Uma das teorias antigas era observar como a natureza fazia os corpos das criaturas para elas se moverem nos meios em que viviam. Existe uma publicação de arquitetura naval muito antiga que mostra as formas do casco de um barco a vela e superposto a ele o corpo de um peixe.

Comprovadamente esta é a mais errada das teorias, pois um peixe anda totalmente dentro d'água e um barco tem uma parte dentro dela e outra no ar. Este fato implica em diferença fundamental nos fenômenos físicos que ocorrem:

a) um corpo que se desloca parte num fluído e parte n'outro, produz ondas.

b) um corpo imerso totalmente num fluído não produz ondas.

A resistência ao avanço de um barco é principalmente devido ao atrito do casco na água e a energia absorvida pela água para desenvolver as ondas causadas por sua passagem.

Um peixe só encontra praticamente resistência do atrito produzido pelo contato de seu corpo na água e ele em seu movimento, por estar submerso, não gera ondas.

Outro sistema antigo de dar formas a um casco era se fazer um modelo reduzido de madeira cuja forma ia-se delineando até que estas ficassem agradável ao olhar.

Em seguida, cortava-se o modelo em seções transversais ou longitudinais e tomavam-se as medidas nestas seções do modelo que aumentadas posteriormente por escala, serviam de medida para a forma do casco a se construir.

Devido ao progresso do projeto de navios a vapor os usuários de barcos a vela, que nesta fase se restrigem a iates de passeio ou regatas, preferiram procurar os experimentados projetistas de navios ao invés dos pequenos construtores de barco.

Adveio também o uso de teste em tanques de prova do modelo em escala no intuito de melhorar as formas para diminuir a resistência, após a fase de projeto do barco.

O veleiro mais conhecido, precursor das atuais formas, foi o América. Em 1851 o América velejou para a Inglaterra para disputar a "The One Hundred Guinea Cup" ou "Copa da Rainha". O América facilmente venceu a regata, deixando os concorrentes a várias milhas de distância e levou para os U.S.A. a taça que até hoje permanece lá, sendo atualmente disputada como America's Cup.

O América tinha 30,8 m de comprimento, 27,5 m na linha de flutuação, 6,5 m de boca e 500 m^2 de área vélica.

O América era o oposto dos barcos ingleses, todos em forma de peixe.

Na realidade, o América tinha o que todos nós procuramos hoje em dia, isto é, harmonia das formas de proa e popa, linhas que permitam um suave escoamento de água e equilíbrio de formas.

É o equilíbrio de formas que acarreta um leme dócil e eficiente.

Um teste para verificarmos o equilíbrio de formas é traçar linhas d'água inclinadas e analizando-as teremos uma boa indicação de equilíbrio. Veremos isto em todos os detalhes no volume VI.

Um fator que tem variado ao longo do tempo é a boca. Inicialmente os barcos tinham a razão boca/comprimento relativamente grande, depois diminuiu muito e hoje em dia temos de novo a volta de relações boca/comprimento maiores.

Em 1826 Scott Russel propôs a teoria da onda. Ele especificou comprimento fixos para a parte de vante e de ré do casco e as formas das linhas d'água, todas, deveriam ter a forma de uma curva matemática que representasse a distribuição da água numa onda.

O efeito desta teoria é um barco com uma proa comprida e fina e uma popa curta e cheia. O MOSQUITO foi um dos cascos construídos por esta teoria.

A teoria de Russel é bonita, mas não deu resultados práticos excepcionais.

Em 1877, Colin Archer lançou sua teoria na qual adotou em parte a teoria de Russel.

Ele afirmava que a curva formada pelas áreas imersas das seções transversais na sua parte de vante teria que ter a forma de uma senóide e a de ré a forma de uma trocóide (trocóide é uma das curvas que mais se assemelha ao formato de uma onda no mar), sendo que 60% do comprimento da linha d'água seria ocupada pela parte de vante e a restante seria a parte de ré. Veja figura 1.

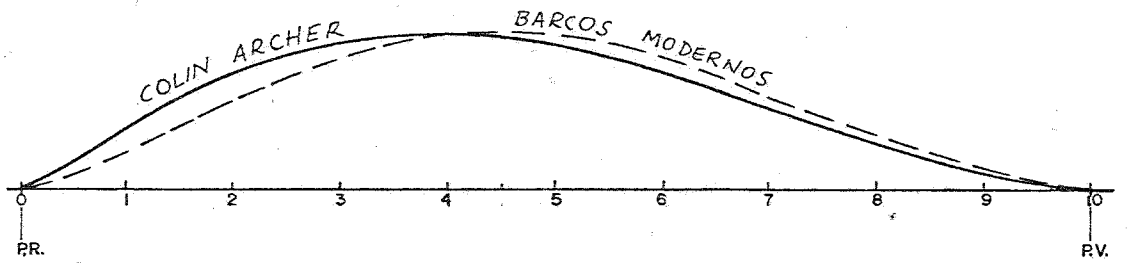


Fig 1

William Froude, em 1875, publicou alguns resulstados de suas primeiras experiências para grandes navios a vapor. Froude demonstrou que a resistência ao avanço de uma embarcação era devido a três principais causas, sendo as duas mais importantes o atrito do casco na água e a formação de ondas.

Fronde mostrou que em velocidade baixa e moderada a resistência mais importante é a do atrito.

Foi só em 1932 que o professor K.S.M. Davidson estendeu aos barcos à vela o método desenvolvido por Froude para navios a vapor.

Entre os dias de Froude e Davidson, modelos de barcos à vela foram ocasionalmente testados em tanques, mas os resultados não davam confiança aos projetistas.

O conhecimento de que o atrito era uma das principais causas da resistência ao avanço gerou uma grande evolução no projeto dos barcos à vela. Todos entenderam que era necessário reduzir ao máximo a superfície de contato da água com o barco (superfície molhada).

O famoso iate Fullinar, desenhado por um amador, foi o primeiro que reduziu drasticamente a superfície molhada.

O Fullinar usou o que até hoje usamos. Primeiro, um mínimo de superfície molhada e, segundo, maior comprimento de linha d'água possível.

O primeiro evita a resistência de atrito e o segundo o de onda.

A mastreação e velame também sofreram grandes evoluções ao longo do tempo, e o estudo da aerodinâmica ajudou em muito este desenvolvimento. Foi verificado que orçando (navegando contra o vento), aumentar a altura da vela era mais eficiente que aumentar o comprimento da base da vela.

A função da vela como um aerofólio foi descoberta e procurou-se dar a ela uma forma mais eficiente aerodinamicamente.

Os materiais também evoluiram, permitindo ao projetista usar atualmente tecidos sintéticos de extraordinária leveza e alta resistência e mastros de alumínio estaiadas com cabos de aço inoxidável, ou ainda, outros materiais ainda mais sofisticados como o titânio e outras ligas leves e resistentes.

Capítulo 2 - FORÇAS QUE AGEM NOS VELEIROS DURANTE O MOVIMENTO.

O que impulsiona o barco à vela é o vento, e devido a isto, normalmente estudamos o veleiro sob duas condições.

A primeira é quando temos o vento vindo de traz ou vento pela pôpa, e a segunda, quando o veleiro navega fazendo um ângulo com a direção do vento. Veja a Figura 2.

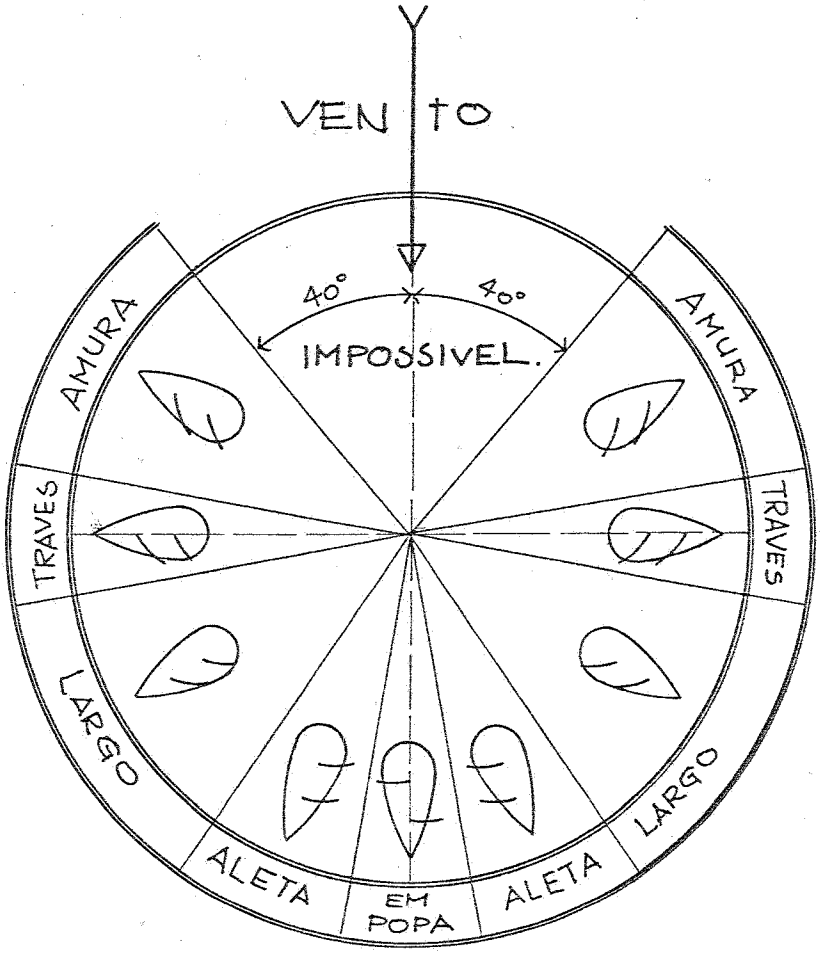


FIG 2

Quando temos vento pela pôpa, o estudo das formas do casco torna-se mais fácil porque o barco navega na vertical, isto é, sem banda. No entanto, quando temos o veleiro na segunda condição, ele se inclina e a forma do casco torna-se diferente de

quando ele está na vertical, e surgem então vários efeitos que estudaremos cuidadosamente a seguir. Como normalmente um veleiro anda muito pouco tempo com vento pela pôpa, podemos afirmar que o projeto de um veleiro será tão bom quanto a facilidade dele navegar fazendo um ângulo com o vento, principalmente contra o vento.

Vamos supor que o nosso veleiro se mova mantendo uma rota constante, fazendo um ângulo com a direção do vento, sem modificar seu ângulo de banda e sem que o vento mude de intensidade. Nesta condição, teremos as seguintes forças agindo sobre ele:

a) uma força na vela, F_V, que é devido a passagem do vento pela vela.

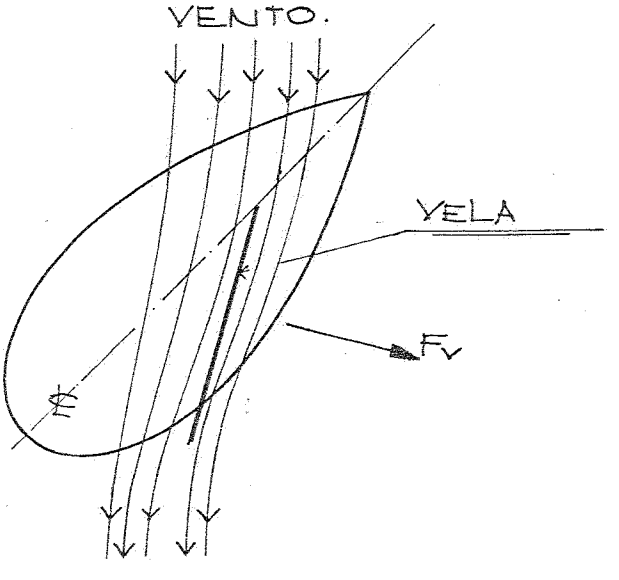


FIG 3

b) Uma força no casco, F_C, resultado da passagem da água pelo casco.

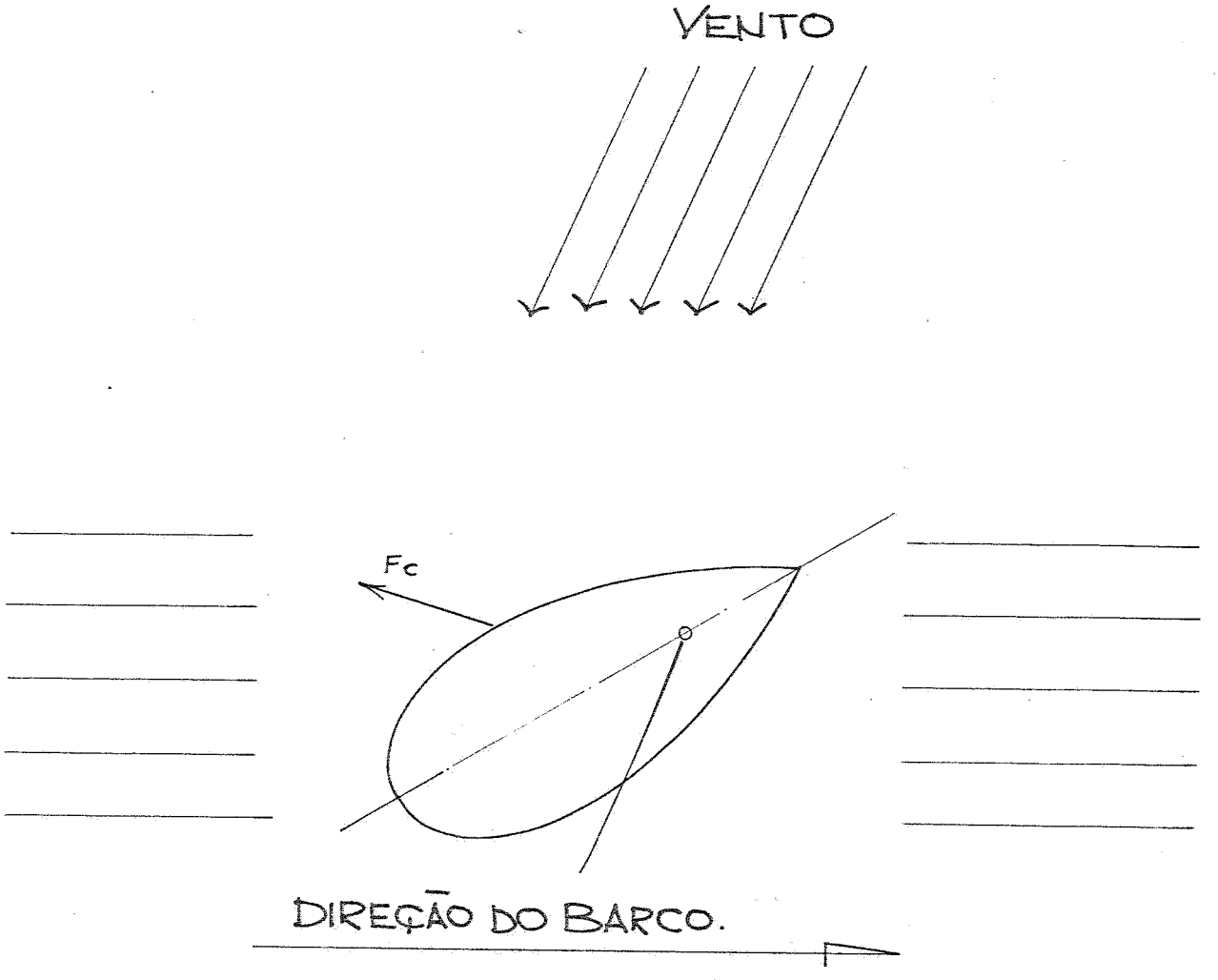


FIG 4

c) Uma força no leme, F_{LEME}, resultado também da passagem da água pelo leme.

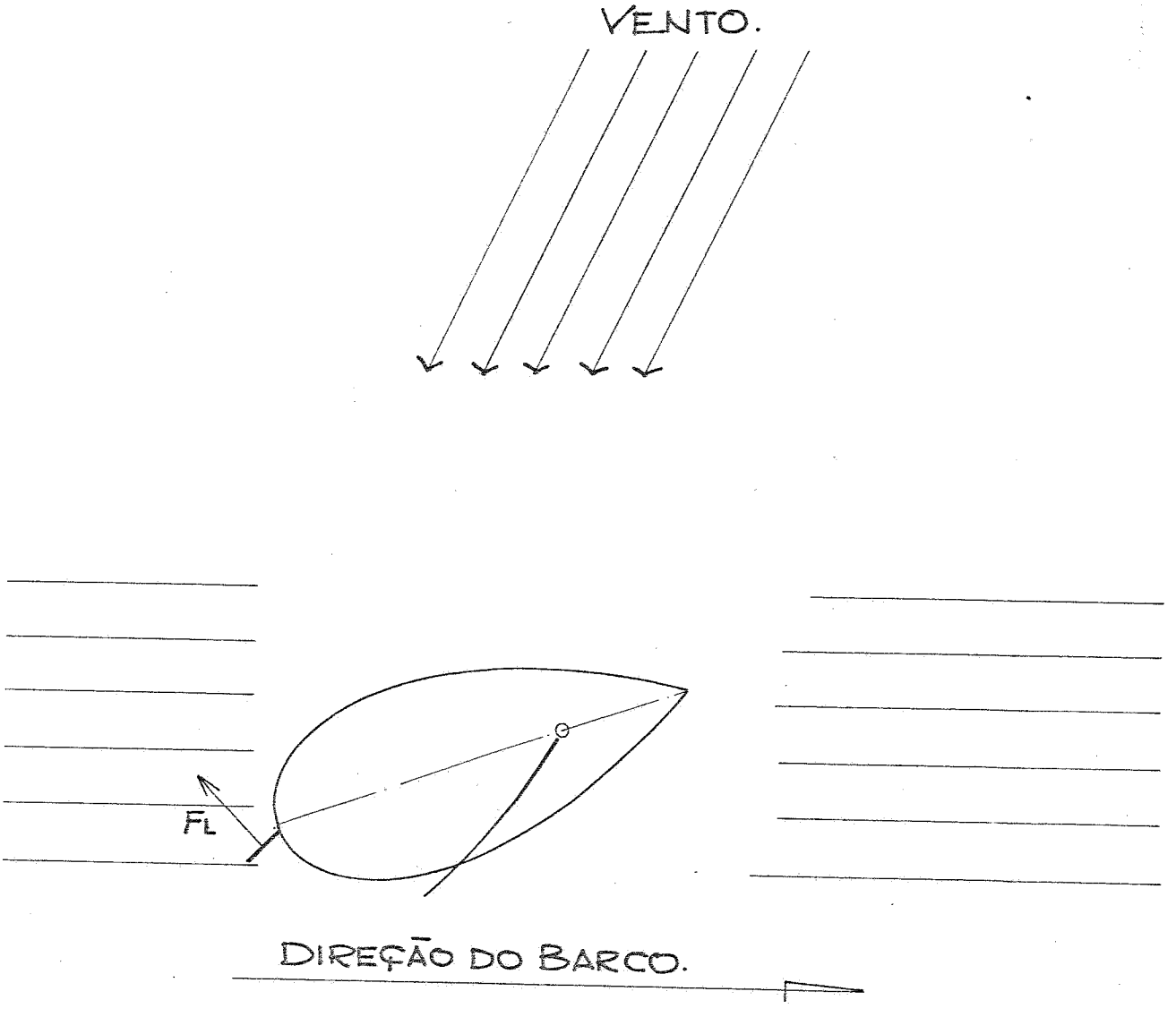


FIG 5

A Figura 6 mostra o conjunto destas forças agindo simultaneamento no casco.

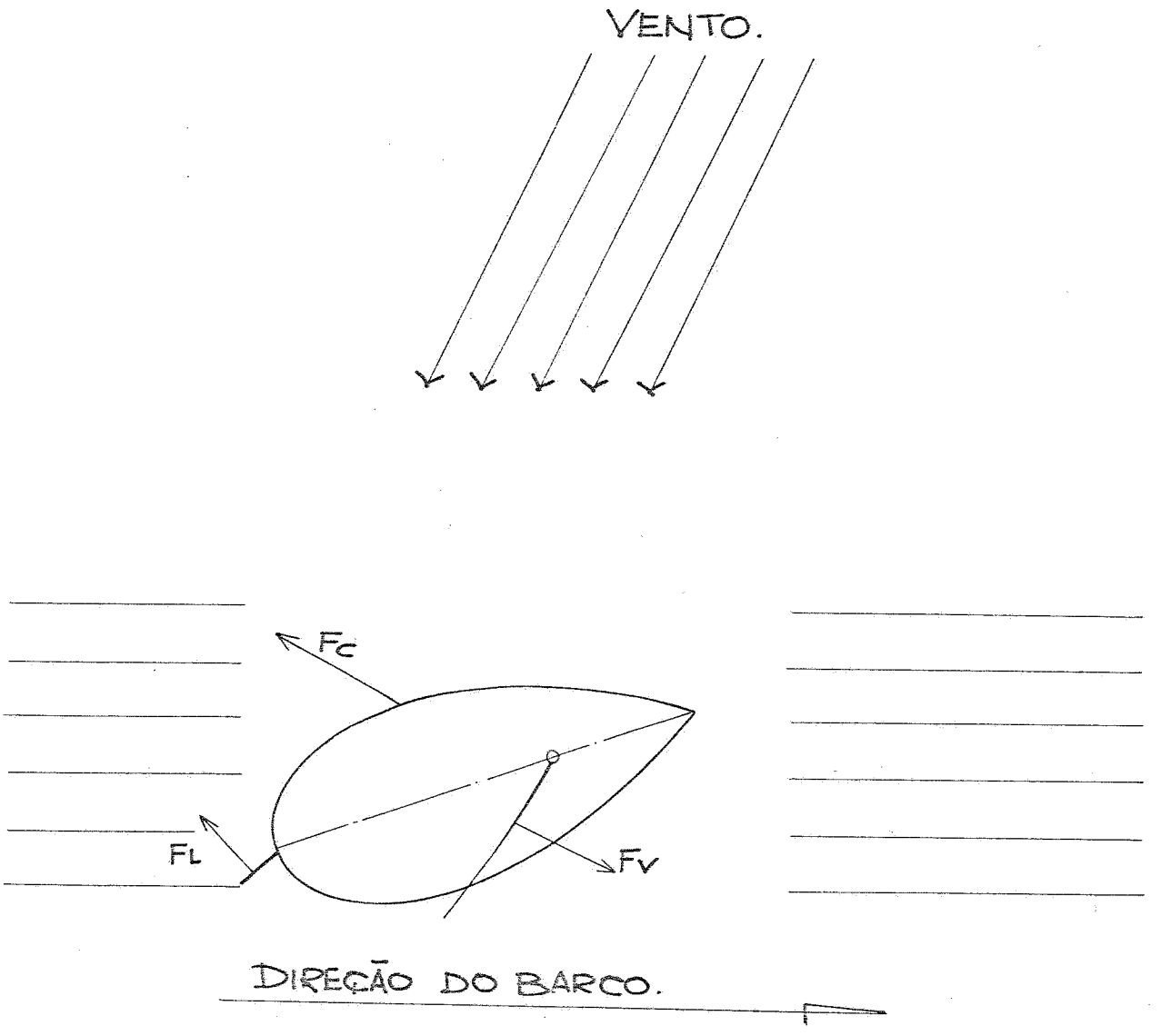


FIG 6

2.1 - ESTUDO DA FORÇA F_V QUE AGE NA VELA.

Podemos decompor a força F_V em duas direções. Uma no sentido do movimento e a outra, perpendicular ao sentido do movimento. A primeira é a parcela da força F_V que nos faz andar e que chamaremos de força motriz F_{VM}. A segunda é a parcela de F_V que nos faz inclinar o barco e a chamaremos de força lateral F_{VL}.

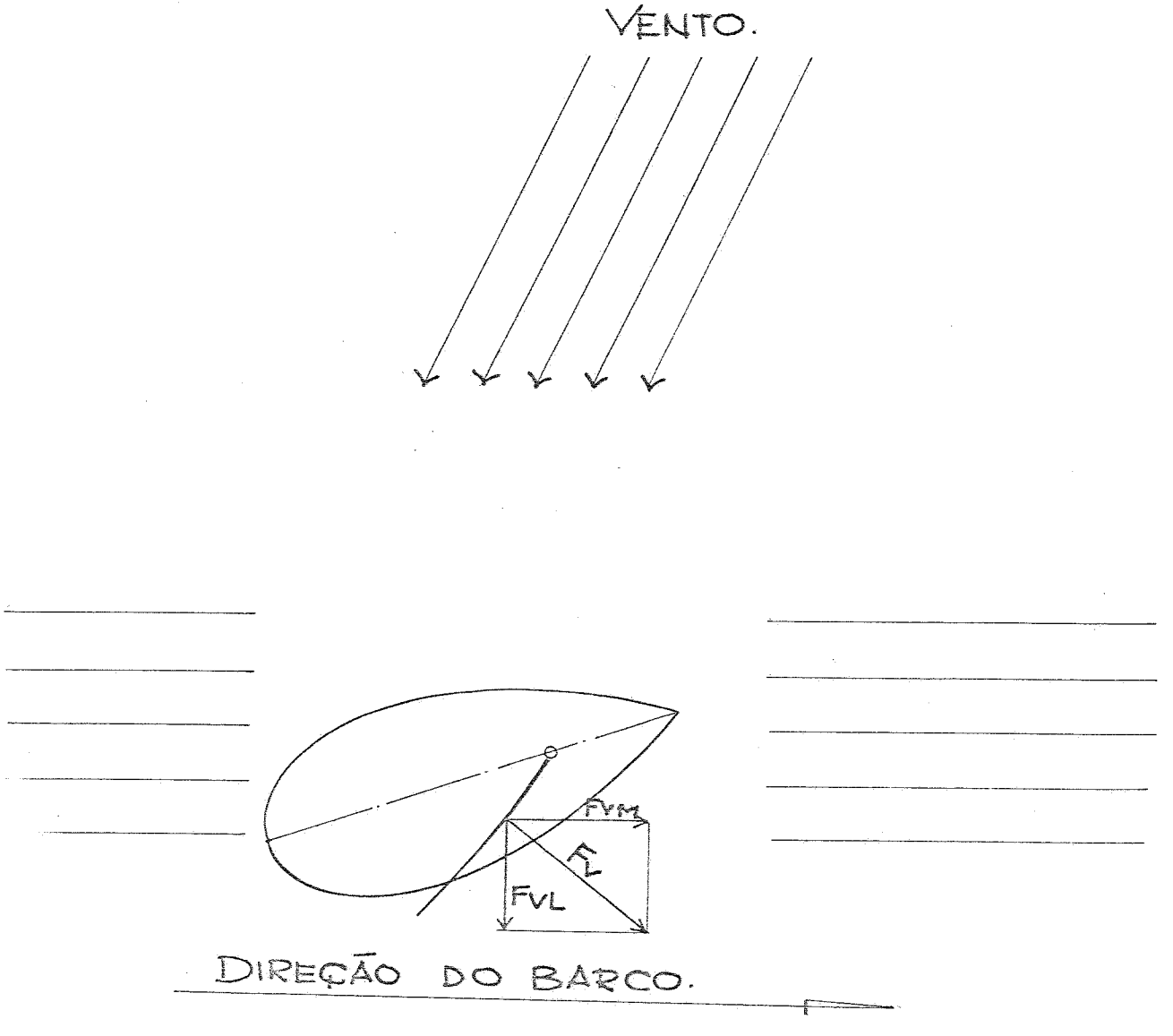
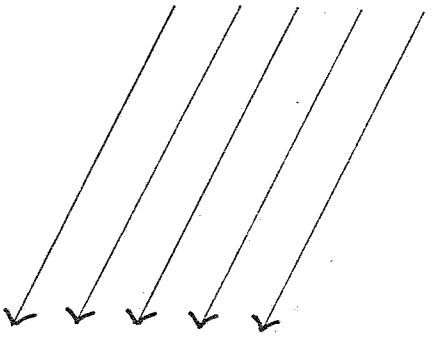


FIG 7

2.2 - ESTUDO DA FORÇA F_C QUE AGE NO CASCO.

Quando andamos numa direção fazendo um ângulo com o vento e nos colocamos dentro do barco olhando de pôpa para prôa, vemos que o barco está andando de lado, isto é, que o barco faz um ângulo com sua própria direção de movimento. Veja a Figura 8. Este ângulo é chamado de ângulo de deriva.



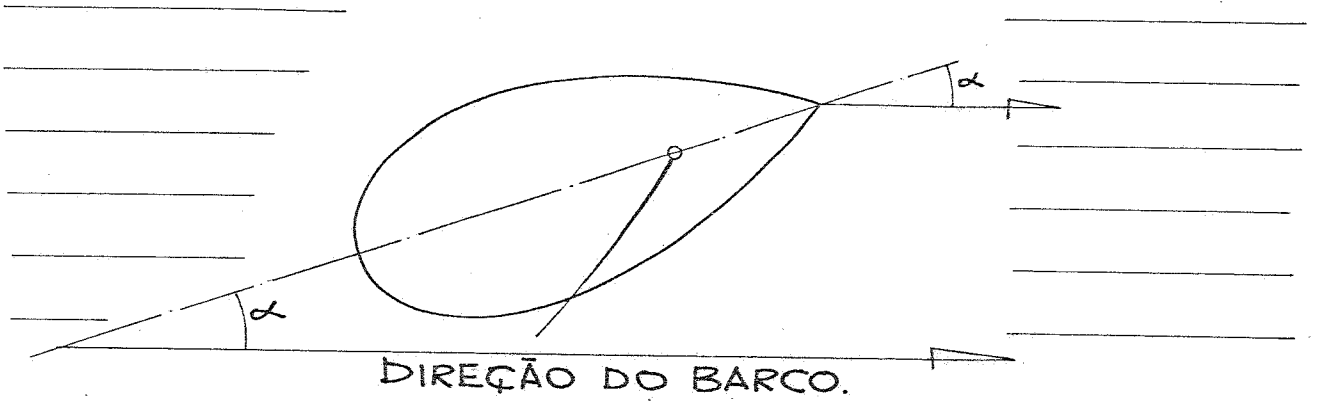


FIG 8

É devido a este ângulo que aparece a força no casco F_C.

Podemos dividir a força F_C também em duas componentes.

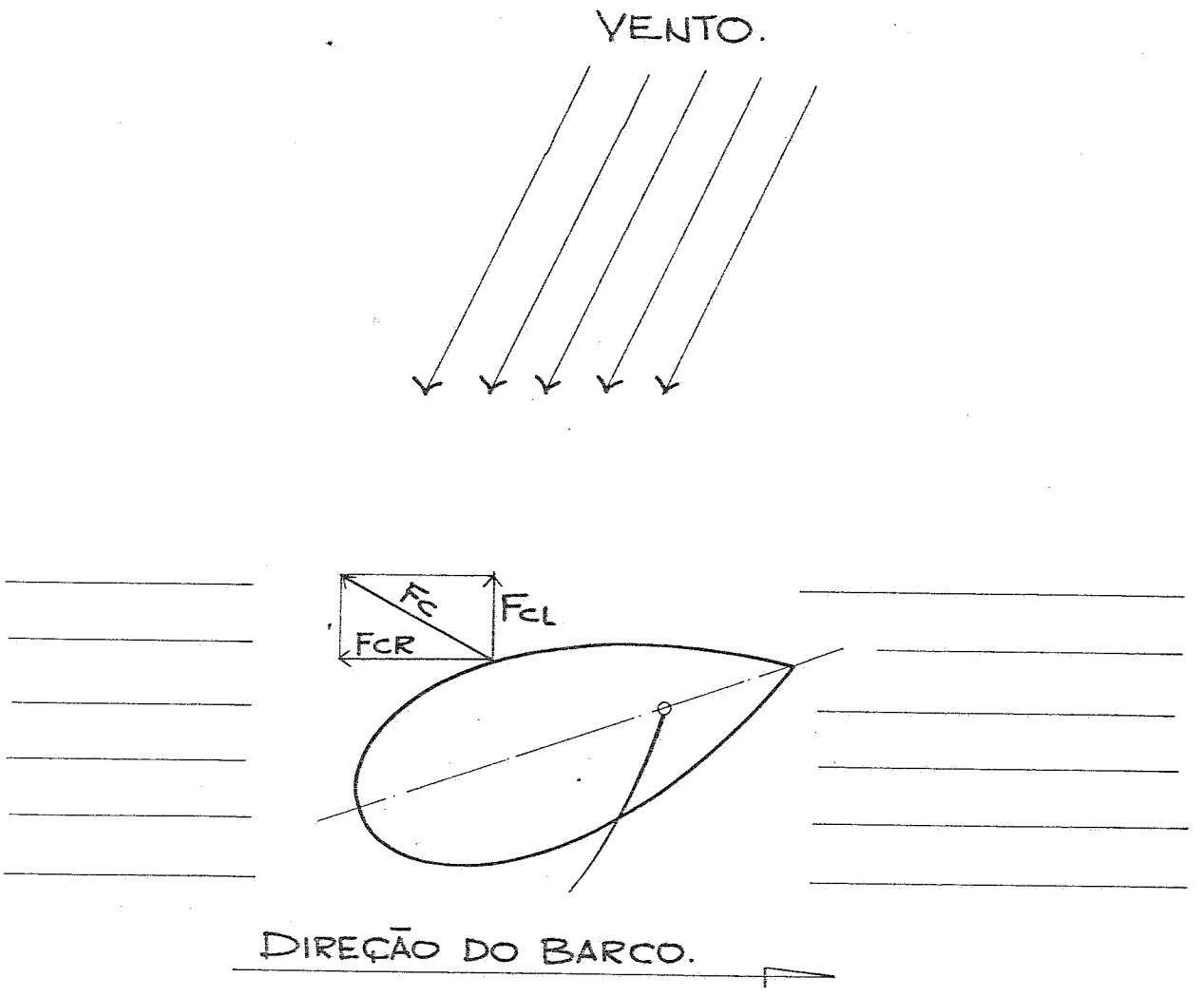


FIG 9

Uma na direção do movimento, e como verificamos que ela tem sentido contrário ao movimento, a chamaremos de força resistente F_{CR}.

A segunda é a parcela da F_C no sentido transversal ao movimento que será chamado de força lateral do casco, F_{CL}.

2.3 - ESTUDO DA FORÇA F_L QUE AGE NO LEME.

Igualmente a F_C, a força no leme aparece devido ao ângulo que damos ao leme e que encontra a água com este ângulo. É um ângulo de deriva dado pelo timoneiro. Daí aparece a F_L, que podemos decompor também em força lateral do leme e força resistente do leme, F_{LL} e F_{LR} respectivamente. Veja a Figura 10.

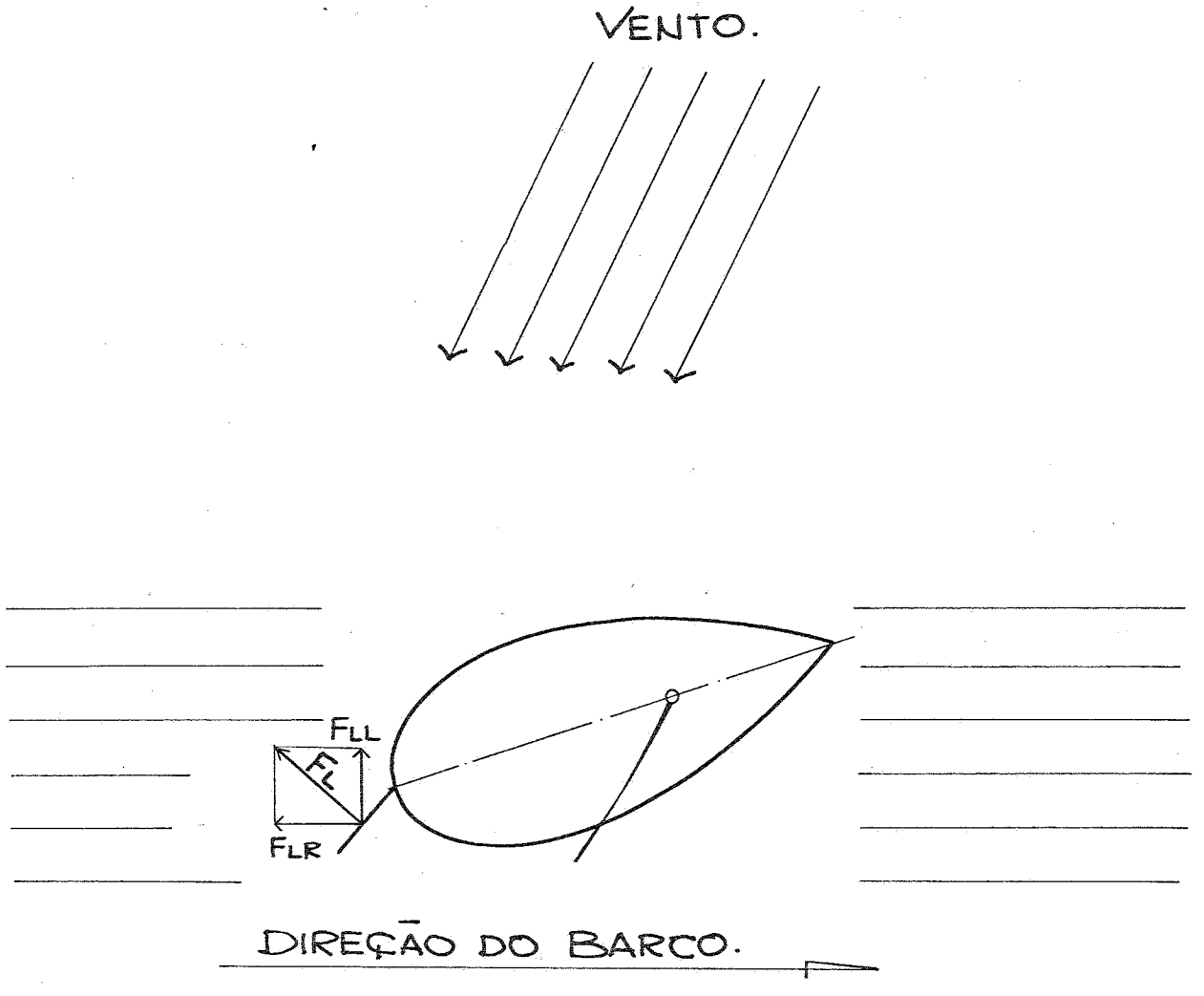


FIG 10

2.4 - EQUILÍBRIO DAS FORÇAS ATUANTES NO CASCO.

Para termos o equilíbrio de forças laterais, verificamos que a força lateral do casco somada a força lateral do leme é igual a força lateral da vela.

$$F_{CL} + F_{LL} = F_{VL}$$

Verificamos então que as forças laterais do leme e do casco auxiliam a equilibrar o casco contra o esforço lateral produzido na vela pelo vento.

Devido às forças F_C e F_V não estarem aplicadas no mesmo ponto, aparece uma tendência do barco dar a proa para o vento, o que é impedido pel F_L.

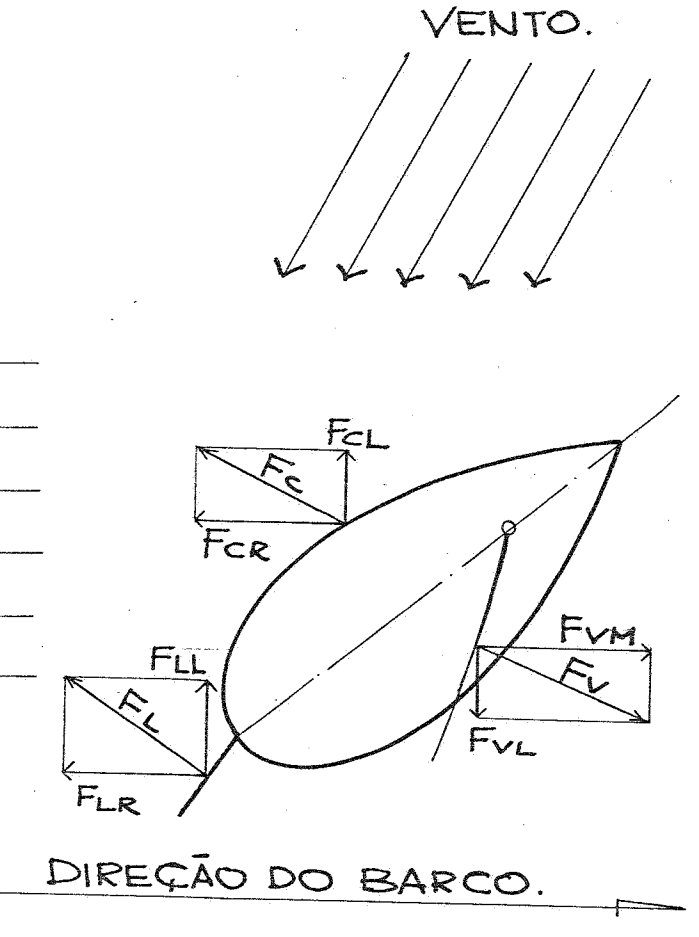


FIG 11

O projeto de um veleiro consiste em se fazer com que estas forças sejam usadas da melhor maneira possível, e que juntamente com as condições dadas ao barco, tais como boas acomodações, borda livre e outras, tenhamos um barco seguro, confortável e de boa performance.

Aparentemente, parece difícil fazermos isto, mas com as informações que serão dadas neste volume e nos seguintes, teremos um caminho a seguir para conseguirmos este objetivo.

VOLUME I - PRÁTICA

Capítulo 1 - O PLANO DE LINHAS.

1.1 - INTRODUÇÃO.

O casco, de uma embarcação define uma superfície tridimensional, complexa, que necessita de um procedimento especial para sua representação.

Este procedimento consiste em interceptar o casco por vários planos paralelos a planos de referência, obtendo-se curvas de interseção destes planos com a superfície do casco.

São três os planos de referência, que podem ser definidos como abaixo:

. PLANO DIAMETRAL.

É um plano longitudinal, que divide o barco em dois bordos (duas metades), iguais. A linha de interseção entre este plano e o casco define o perfil longitudinal do barco.
(Ver Figura 1).

. PLANO DA LINHA D'ÁGUA DE PROJETO.

É um plano horizontal, perpendicular ao plano diametral, com altura igual ao calado de projeto. A linha de interseção entre este plano e o casco define a linha d'água de projeto. (Ver Figura 2).

. Calado de Projeto.

É o calado no qual o barco totalmente carregado, (inclusive com os tripulantes) flutua.

. PLANO QUE CONTÉM A SEÇÃO MESTRA.

É um plano vertical, perpendicular ao plano diametral, que contém a seção de maior boca do veleiro: a Seção Mestra.
A interseção deste plano com a superfície do casco define a Seção Mestra da embarcação. (Ver Figura 3).

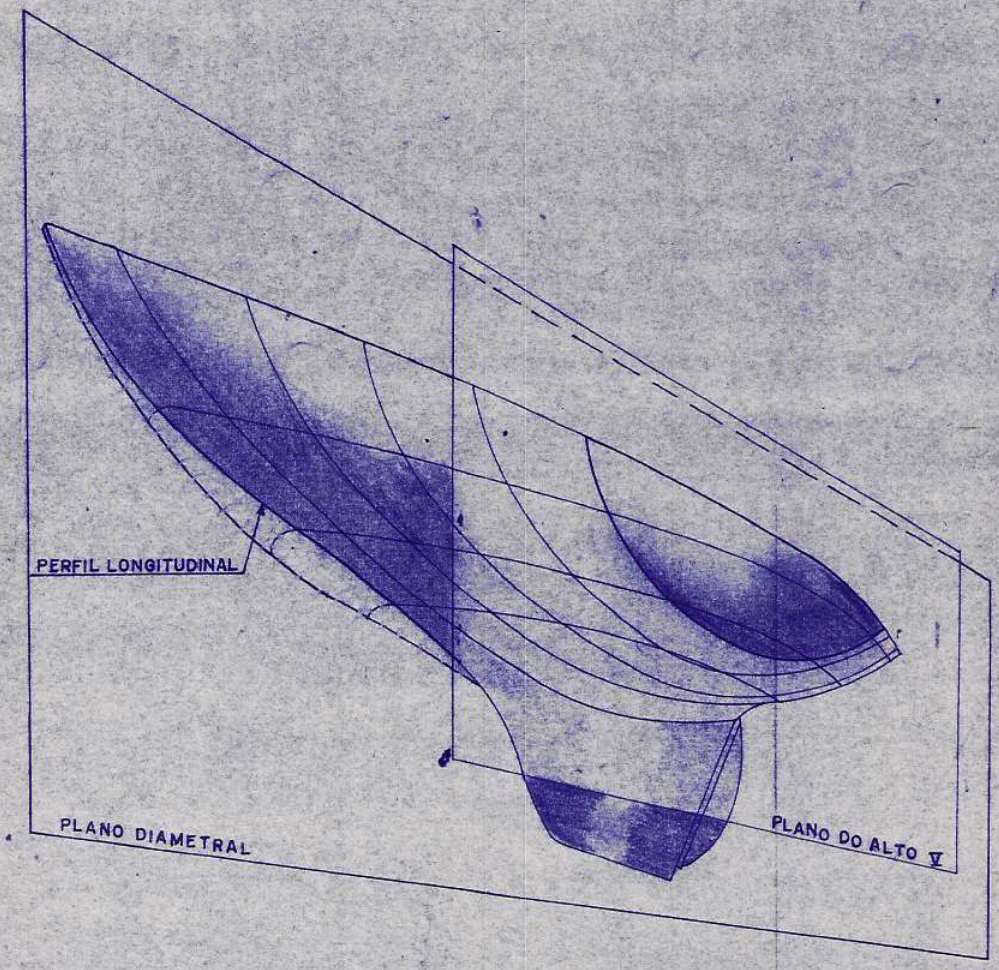


FIG. 1

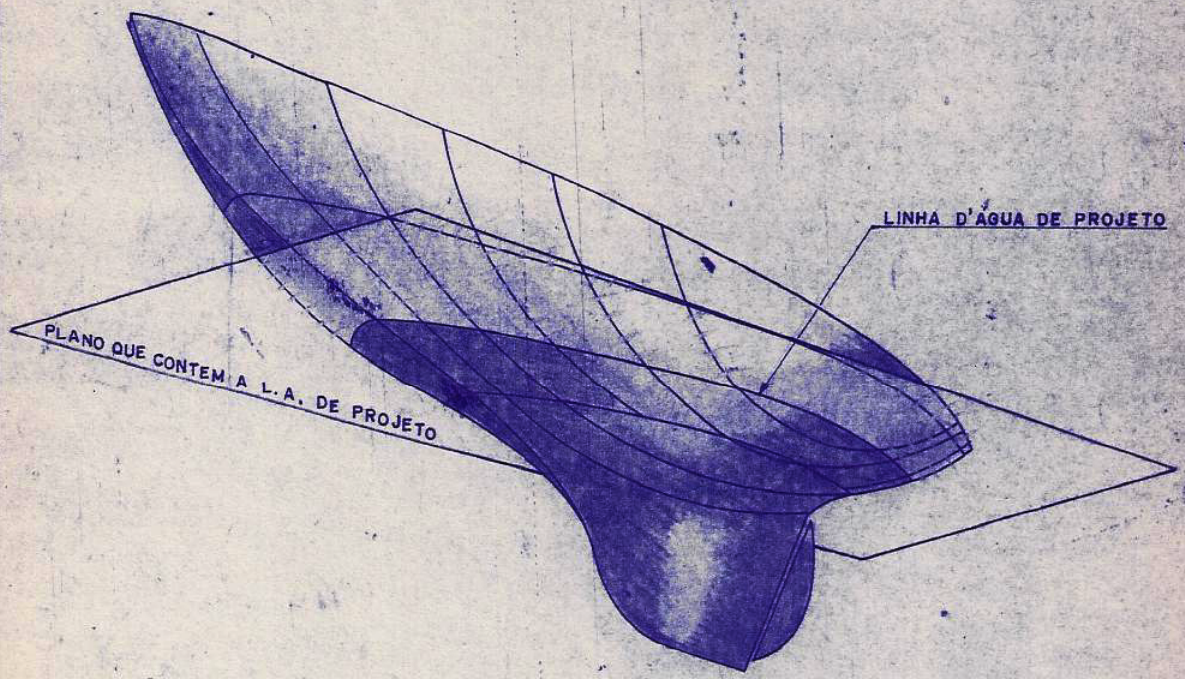


FIG. 2

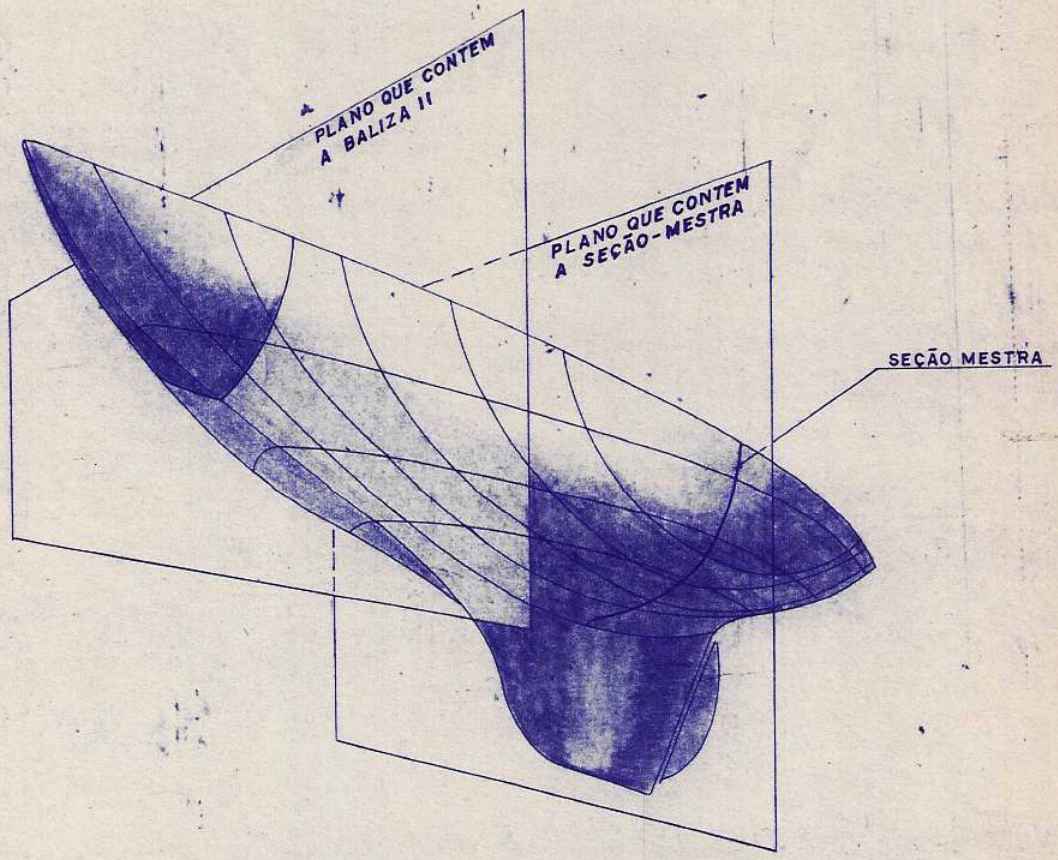

PLANO QUE CONTEM
A BALIZA II
PLANO QUE CONTEM
A SEÇÃO-MESTRA
SEÇÃO MESTRA

FIG. 3

Os demais planos, paralelos ao planos de referência, podem ser divididos em três grupos:

a) Planos do Alto: São planos paralelos ao plano diametral. As linhas de interseção destes planos com a superfície do casco são chamadas linhas do alto, e ao conjunto destas linhas denomina-se plano de linhas do alto.
(Ver Figura 4).

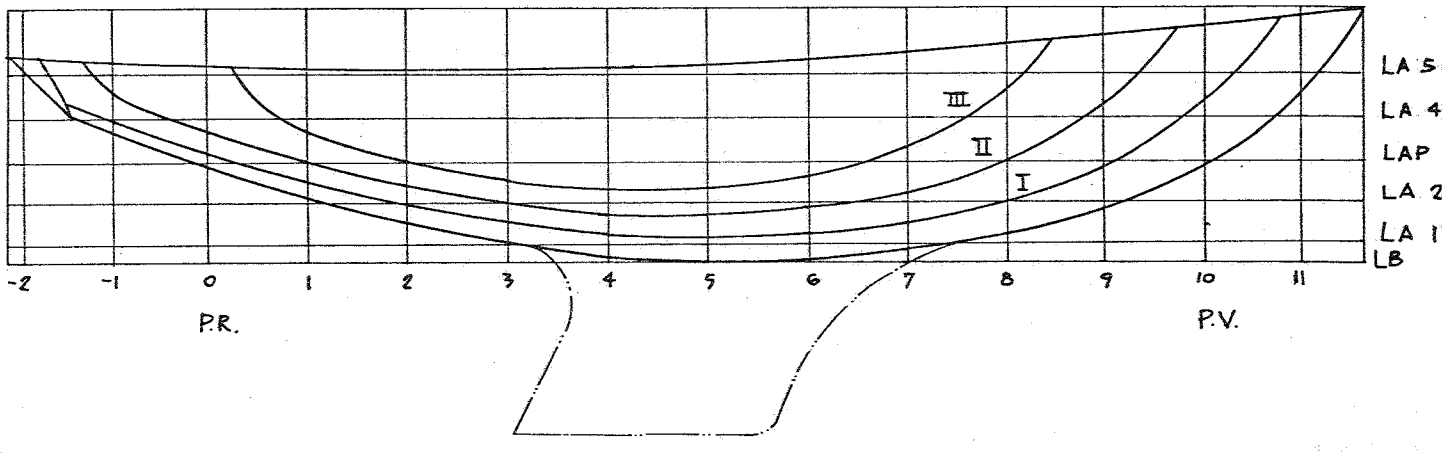


FIG. 4

b) Planos de Linhas d'água: São planos paralelos ao plano de linha d'água de projeto. As linhas de interseção destes planos com a superfície do casco são chamadas de linhas d'água, e ao conjunto destas linhas denomina-se plano de linhas d'água. (Ver Figura 5).

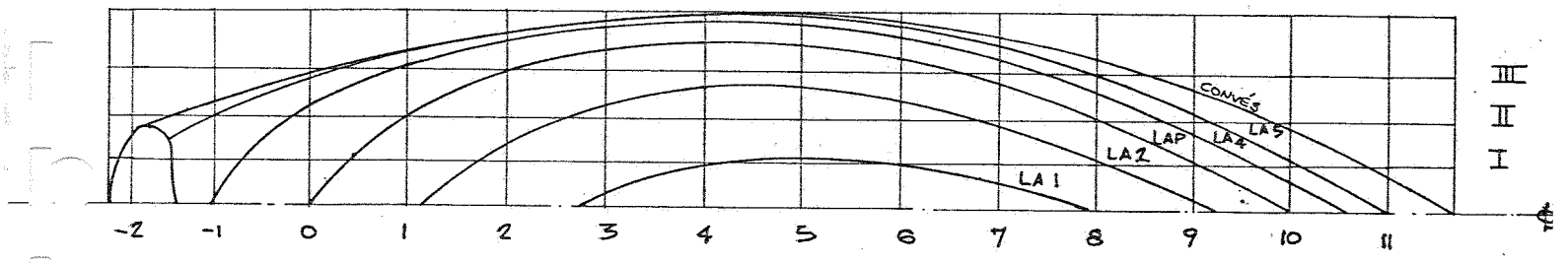


FIG. 5

c) Planos de Balizas: São planos paralelos ao plano que contém a seção mestra. As linhas de interseção destes planos com a superfície do casco são chamadas de balizas e ao conjunto destas denominam-se plano de balizas.

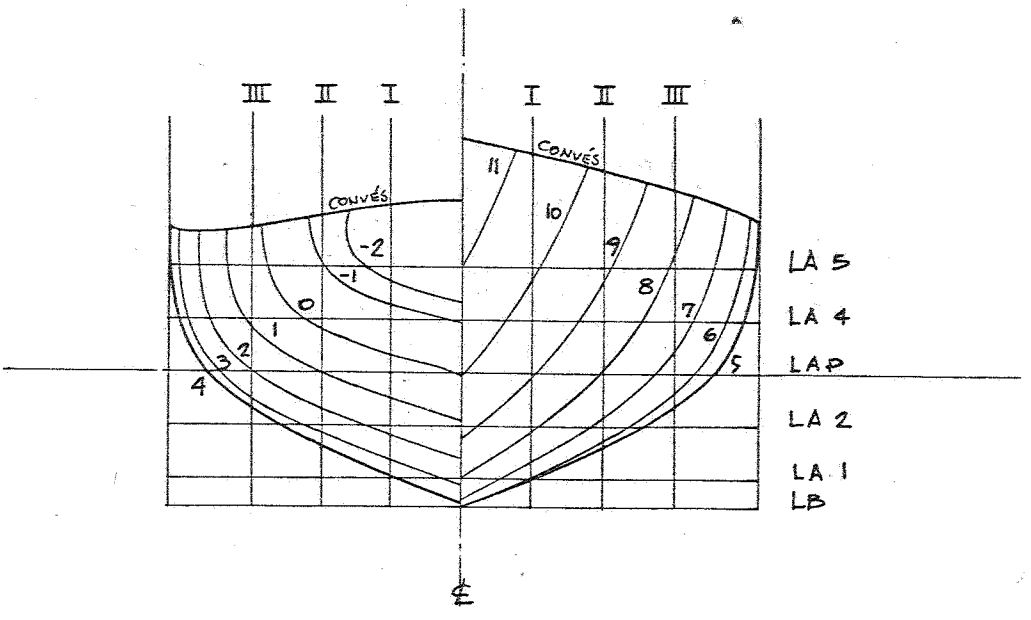


FIG. 6

Além destas, se faz necessário definir alguns parâmetros de forma da embarcação, como:

. Perpendicular de Vante.

Na interseção do plano da linha d'água de projeto com a proa do perfil longitudinal do barco, traça-se uma vertical, que divide a parte imersa do casco de sua parte emersa.

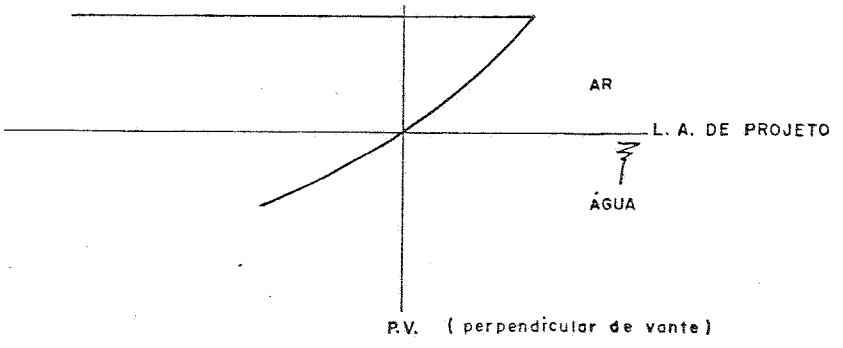


FIG. 7

. Perpendicular de Ré.

Analogamente à perpendicular de vante, a perpendicular de ré é a vertical que passa pelo ponto de interseção entre o plano que contém a linha d'água de projeto e o perfil longitudinal do casco, na popa.

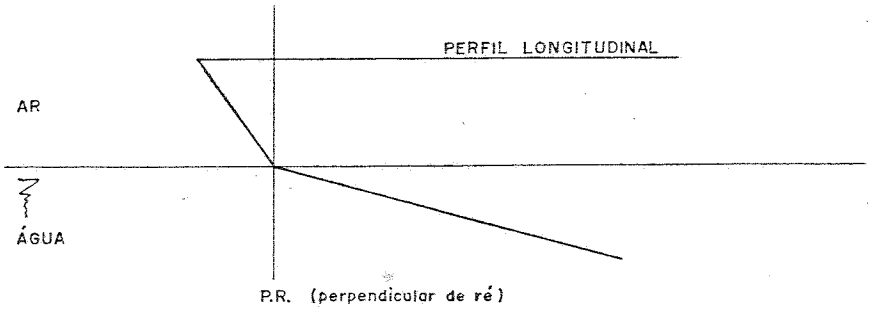


FIG. 8

No plano de linhas representa-se, em geral, apenas um bordo já que a maioria das embarcações é simétrica em relação à linha de centro, e, portanto, a representação de um bordo satisfaz a todas as exigências do projeto.

1.3 - DISPOSIÇÃO DO PLANO DE LINHAS.

Para facilidade de utilização, usualmente se representam as três vistas (plano de linhas do alto, plano de linhas d'água e plano de balizas) em separado, dispostos como na Figura 10.

No plano de linhas do alto, o barco é apresentado com a proa à direita e a popa à esquerda.

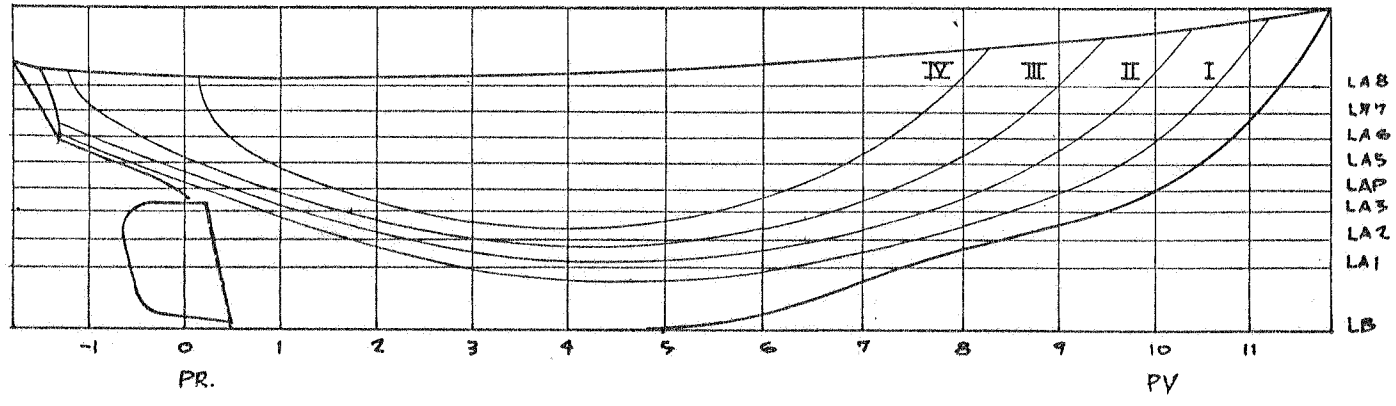
O plano de linhas d'água, logicamente obedece à mesma orientação. Enquanto que no plano de balizas a disposição consiste em se fazer representar, na metade da direita, a parte de vante da embarcação e na metade esquerda, a parte de ré da embarcação.

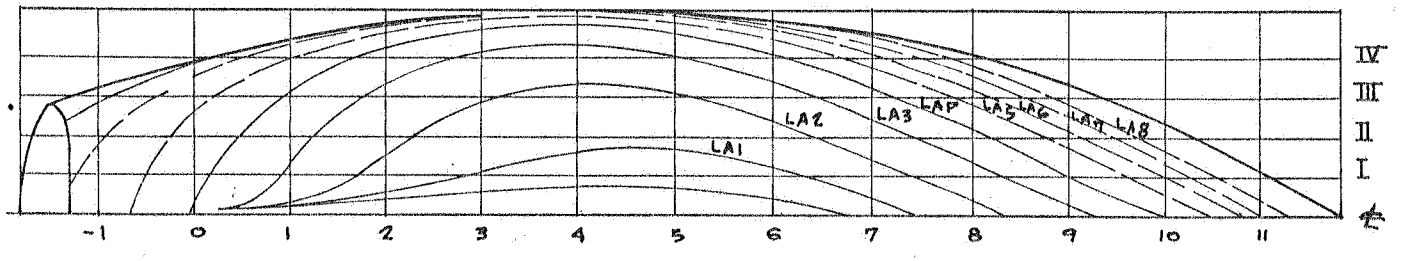
1.4 - EXECUÇÃO DE UM PLANO DE LINHAS.

1.3.1 - Material.

A escolha do material a ser utilizado é de grande importância pois dela depende, em grande parte, a precisão obtida no desenho.

PLANO DE LINHAS DO ALTO





PLANO DE LINHAS D'ÁGUA

PLANO DE BALIZAS

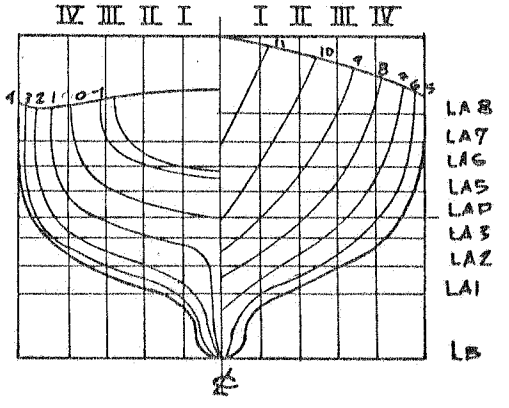


FIG. 10

O papel deve ser papel vegetal, de boa qualidade, de preferência de 90 a 95 gr/m^2.

Para o traçado, usa-se lapis, de grafite duro, como o 5 H ou o 6H, ou canetas nanquim, com penas finas (0,1 e 0,2).

Uma borracha macia é recomendável, como também uma flanela ou vassoura de desenhista, para limpar o papel, evitando-se utilizar as mãos nuas, o que apenas contribuiria mais ainda para sujar o papel e prejudicar a execução do desenho.

Para o traçado das linhas, alguns materiais são necessários como as curvas francesas, os virotes e os pesos, cuja utilização será detalhada logo adiante.

Veja a Figura 11.

1.3.2 - Desenho do Plano de Linhas.

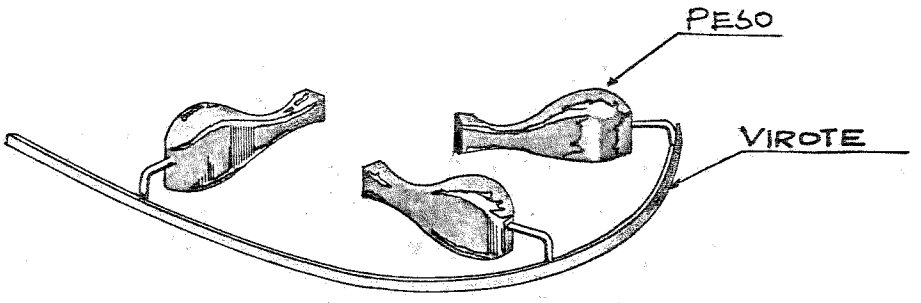
Para se definir e executar um plano de linhas, é necessário, antes, se conhecer algumas dimensões básicas da embarcação que se deseja representar, como o comprimento total, comprimento entre perpendiculares, o pontal, a boca e o calado de projeto. Além disso, deve-se também definir o número de seções necessárias para uma boa representação do casco.

Como regra geral, para se definir o espaçamento de balizas, toma-se o comprimento entre perpendiculares e divide-se este comprimento por dez, de modo a se obter onze balizas igualmente espeçadas.

Do mesmo modo, dividindo-se a meia boca por quatro, obtém-se três planos do alto, por bordo, além do plano diametral, número que geralmente é suficiente para uma boa representação da superfície do barco.

Finalmente, a definição do número de linhas d'água pode ser feito como abaixo:

. Divide-se a altura entre a linha de base e a linha d'água do projeto por três, enquanto que a altura entre a linha d'água de projeto e o convés é dividida a cada 10 cm, como representado na figura 12.



CURVAS FRANCESAS.

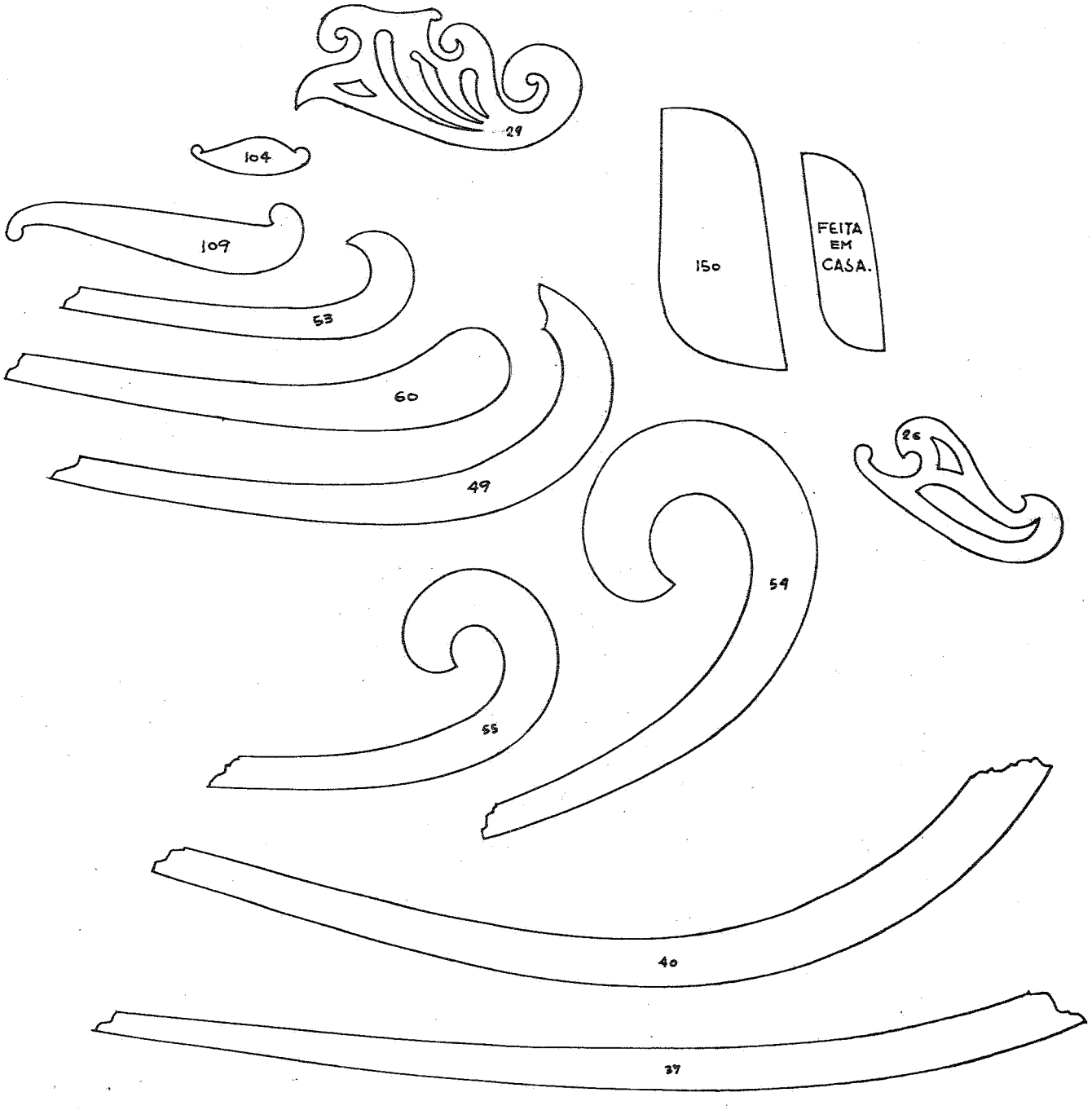
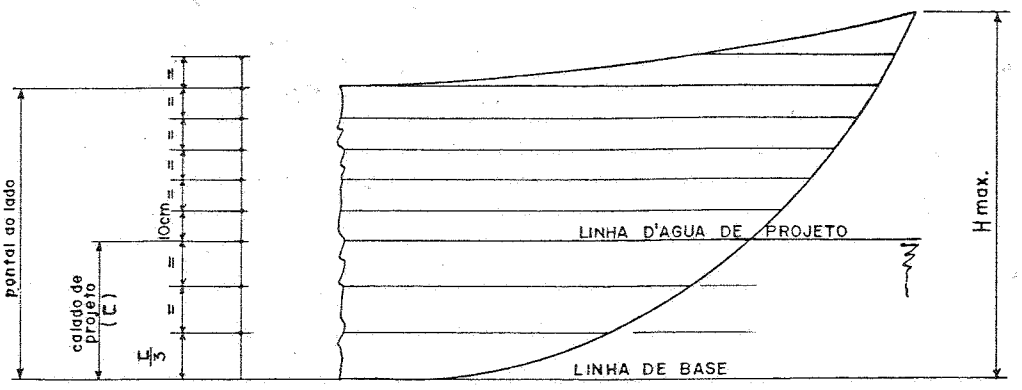


FIG. 11



Hmax. = a altura maxima do convés em relação a L_B

FIG. 12

O último detalhe seria a escolha da escala em que se vai fazer o desenho. Em geral, usa-se a escala necessária para termos um desenho de cerca de 1,50 m a 2,00 m de comprimento, por 0,80 m a 1,20 m de largura. Por exemplo, para um barco de 7,00 m de comprimento, usamos a escala de 1:10.

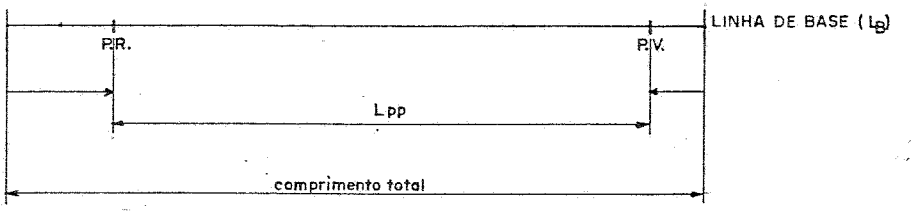
Finalmente, com todos os detalhes acima definidos, é hora de se por mãos à obra. E o primeiro passo será desenhar a grelha, que é o reticulado sobre o qual serão desenhadas as seções da embarcação.

O DESENHO DA GRELHA.

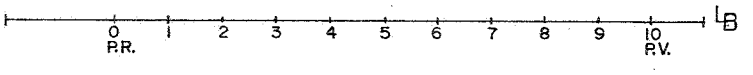
Acompanhe o que vai ser detalhado abaixo, com o desenho da fig. 13.

A. Plano de Linhas do Alto.

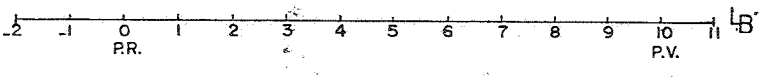
Passo (1) - Traçar uma horizontal chamada de linha de base com comprimento total do veleiro, marcando-se, a seguir, a partir das extremidades, a posição das perpendiculares de vante e de ré.



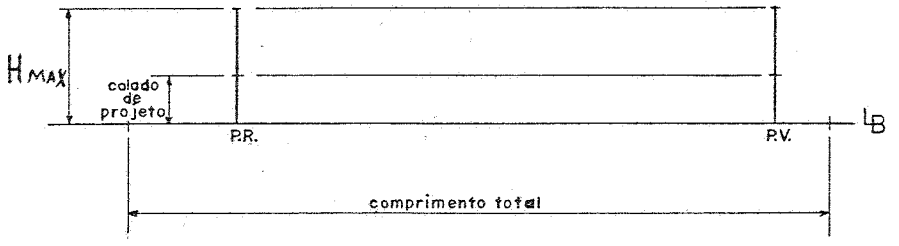
Passo (2) - Dividir o comprimento entre perpendiculares em dez partes e numerar as balizas de 0 a 10, da esquerda para a direita.



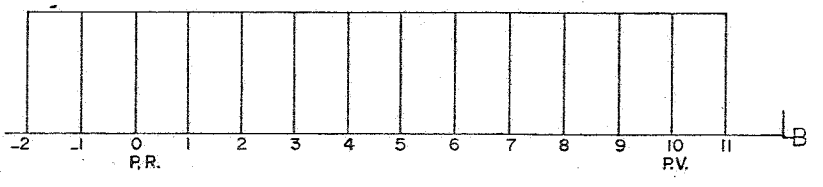
Passo (3) - Extender o espaçamento de balizas encontrado, para as extremidades, numerando as novas balizas de acordo com o desenho.



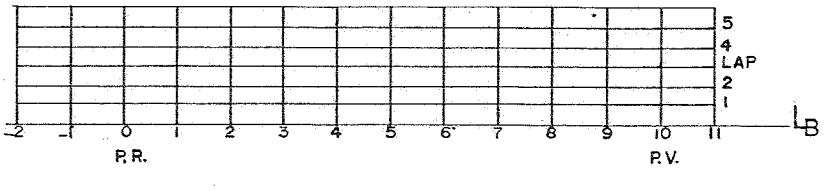
Passo (4) - Levantar perpendiculares a partir da perpendicular de ré e da perpendicular de vante, com altura igual H_{MAX}, marcando sobre estas o calado de projeto.



Passo (5) - Levantar, agora, perpendiculares a partir de cada uma das balizas, com altura igual ao H_{MAX} e traçar a horizontal superior que liga as perpendiculares de ré e de vante.

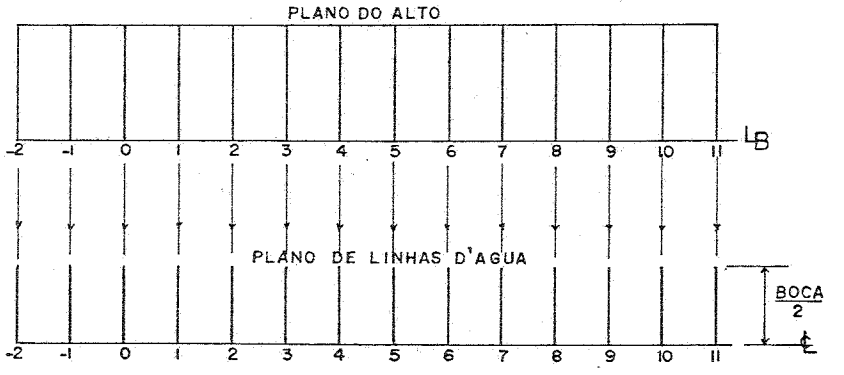


Passo (6) - Marcar e traçar as linhas d'água, numerando-as em ordem crescente, de baixo para cima.

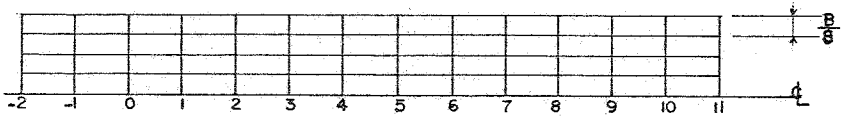


B. Plano de Linhas D'Água.

Passo (7) - Traçar a linha de centro e prolongar todas as verticais do plano do alto.

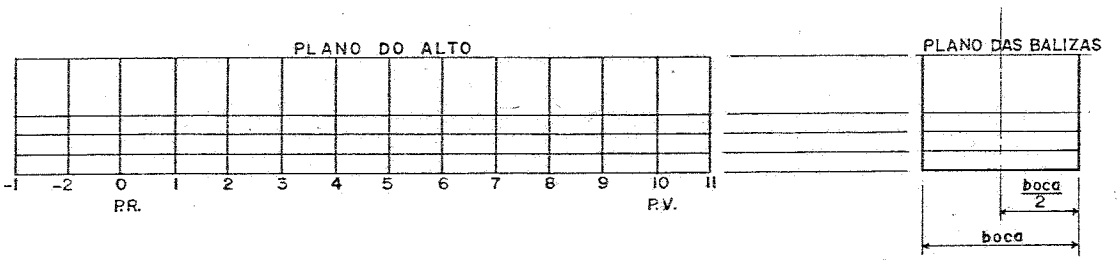


Passo (8) - Traçar uma outra horizontal com altura igual a meia-boca e dividir esta distância por quatro, de modo a se obter três planos do alto por bordo.

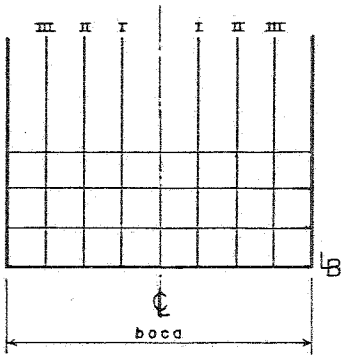


C. Plano de Balizas.

Passo (9) - Traçar a linha de centro e prolongar todas as horizontais do plano do alto, marcando sobre elas a boca do barco.



Passo (10) - Marcar e traçar as verticais correspondentes aos planos do alto, cujo espalamento foi obtido na grelha das linhas d'água.



Passo (11) - Numerar os planos do alto, em algarismos romanos, da linha de centro para os bordos, em ordem crescente, fazendo o mesmo no plano de linhas d'água.

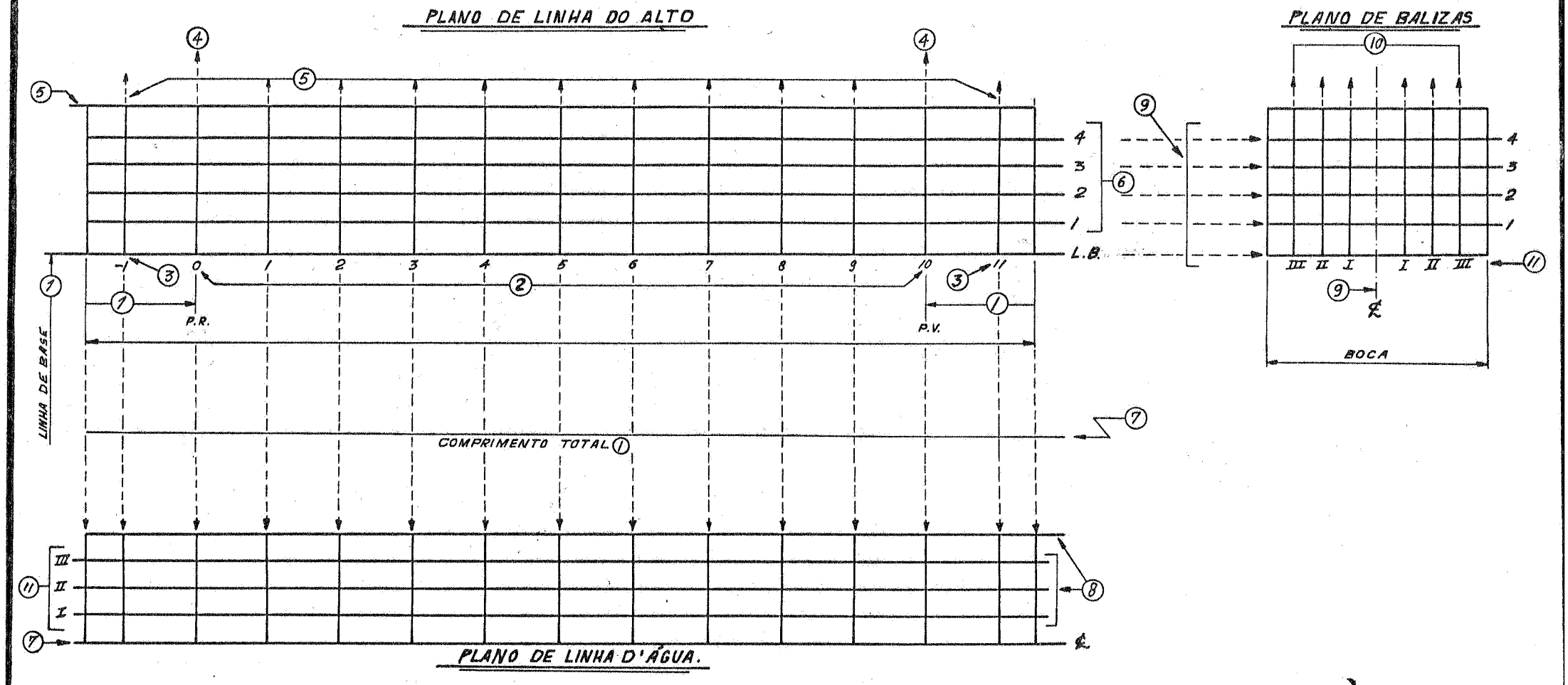

PLANO DE LINHA DO ALTO
PLANO DE BALIZAS
LINHA DE BASE
P.R.
P.V.
COMPRIMENTO TOTAL (1)
BOCA
L.B.
PLANO DE LINHA D'ÁGUA.

FIG. 13

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES.

. Assegure-se de que em cada vista, as linhas apresentem-se rigorosamente paralelas e que as verticais e horizontais sejam, realmente, perpendiculares entre si.

. Quaisquer que sejam os espaçamentos escolhidos, marque-os apuradamente.

. Não se importe em gastar mais tempo na execução da grelha. Uma grelha mal feita significa um projeto mal realizado.

. Verifique se a escala escolhida é adequada às suas necessidades, lembrando-se que:

(escala) $E = \frac{d}{D}$, onde

d = medida da figura no desenho

D = medida real

Ex.: para representarmos 1 metro num desenho em escalas 1/10 temos $\frac{1}{10} = \frac{d}{1}$, então: d = 0,1 m

No desenho, portanto, cada 0,1 m representa 1 m da figura real.

EXERCÍCIOS

1. Parte Teórica.

1.a) No Capítulo 1 falamos sobre vários fenômenos como resistência de onda, resistência de atrito, formação de ondas, etc. Explique o que entende sobre estes fenômenos.

1.b) Qual é a diferença básica entre um veleiro navegar de vento em pôpa ou contra o vento?

1.c) Fale sobre a força que aparece na vela quando o vento passa po ela e qual é a influência dos componentes desta força no senti do do movimento perpendicular ao movimento, no comportamento d barco.

1.d) Por que aparece a força F_C no casco?

1.e) Explique o equilíbrio que há entre as forças F_V, F_C e F_L?

2. Parte Prática.

2.a) Defina: Seção Mestra, Plano de Linhas e Calado de Projeto.

2.b) Enumere as dimensões principais de um veleiro, explicando o que cada uma representa.

2.c) Desenhe a Grade de um veleiro em escala 1:10 cujas dimensões principais são:

L_T ..... 8,83 m
L_{pp} ..... 6,48 m
Boca ..... 2,54 m
Calado de projeto ..... 0,60 m

e com as seguintes características:

posição da PR : 1,175 m
posição da PV : 1,175 m
altura máxima do convés em relação a L_B: 1,56 m

Use espaçamento constante para as linhas d'água de 0,20 m

NOTAS: . desenhe em papel vegetal mas envie duas cópias heliográficas, guarde o vegetal.
. coloque nome em todas as folhas.
. envie sempre duas cópias para que possamos ficar com uma, dos exercícios.

VOLUME I - GLOSSÁRIO

ACOMODAÇÕES - É a parte do barco onde podem ficar instalados os tripulantes.

BANDA - Quando um barco inclina-se transversalmente pelo efeito do vento, de uma pessoa sentada na borda, ou de outra causa, dizemos que o barco ficou com banda.

BARCOS DE CRUZEIRO - São barcos que se destinam ao lazer e que têm acomodações suficientes para proporcionar conforto para uma estadia mais demorada a bordo.

BARCOS PLANADORES - São barcos pequenos, de deslocamento ultra leve, grande área vélica e que planam, isto é, recebem uma força ascendente de água quando atingem uma determinada velocidade. Dentro os mais famosos planadores podemos citar o Lazer, 420, 470, etc.

BARCOS DE REGATA - São barcos em que o conforto é preterido em função da velocidade e que se destinam a competições esportivas.

BOCA MÁXIMA - É a maior largura da embarcação.

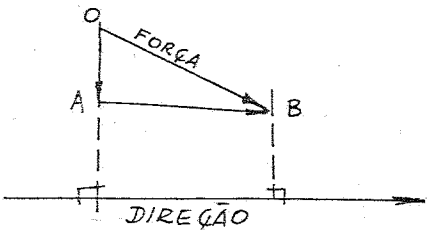
BOCA NA LINHA D'ÁGUA - É a maior largura da linha d'água considerada.

BOCA NA LINHA D'ÁGUA DE PROJETO - É a maior largura da linha d'água de projeto.

BORDA LIVRE - É a parte do casco que fica fora da água.

CALADO DE PROJETO - É a distância medida na vertical da parte mais profunda do barco até a superfície da água com o barco pronto e com tudo a bordo, inclusive pessoas.

FORÇAS E DECOMPOSIÇÃO DE FORÇAS - Quando puxamos ou empurramos um objeto, empregamos uma força. Força é toda coisa capaz de produzir ou modificar um movimento. Representamos uma força por uma seta. Podemos analisar o efeito de uma força numa direção se a decompusermos nesta direção.



Para isso, traçamos duas perpendiculares à direção a ser utilizada passando pelas duas extremidades da seta.

AB é a decomposição da força na direção que queríamos e OA é a decomposição da força numa direção perpendicular àquela direção.

GRADE OU GRELHA - É o reticulado sobre o qual serão desenhadas as linhas que representam a forma do casco de uma embarcação.

LINHAS D'ÁGUA - São as curvas resultantes da interseção de planos, paralelos ao plano da linha d'água de projeto com a superfície do casco.

LINHA D'ÁGUA DE PROJETO - É uma curva que representa a forma do casco na altura em que a superfície da água toca o casco, correspondente ao calado de projeto.

LEME - É uma parte móvel imersa na água que dá rumo a embarcação.

ONDA, Cavado da - É a parte mais baixa da onda.

ONDA, Crista da - É a parte mais alta da onda.

PERFIL LONGITUDINAL - É a linha resultante da interseção do casco com o plano diametral.

PERPENDICULAR DE RÉ - É a vertical que passa na interseção do plano da linha d'água de projeto com o perfil longitudinal na parte de ré.

PERPENDICULAR DE VANTE - É a vertical que passa na interseção do plano de linha d'água de projeto, com o perfil longitudinal, na parte de vante.

PLANO DIAMETRAL - É um plano vertical, longitudinal que divide o barco em dois bordos iguais.

PLANOS DO ALTO - São os planos paralelos ao plano diametral. A interseção destes planos com a superfície do casco define as linhas do alto.

PLANO DE BALISAS - É o conjunto de todas as balisas, isto é, o conjunto das linhas geradas a partir da interseção de planos verticais, perpendiculares ao plano diametral, com a superfície do casco.

PLANO DE LINHAS D'ÁGUA - É o conjunto de todas as linhas d'água, isto é, o conjunto das linhas resultantes da interseção de planos horizontais, paralelos ao plano da linha d'água de projeto.

PLANO DE LINHAS - É o conjunto dos planos de linhas do alto, de balisas e de linhas d'água, usado para representar a superfície do casco da embarcação.

PONTAL - Uma das dimensões básicas de uma embarcação. É a altura entre o ponto mais inferior do fundo e o ponto superior da seção mestra, medido ao lado.

POPA - Parte de ré da embarcação.

PROA - Parte de vante da embarcação.

SIMETRIA - O casco de um barco tem sua superfície com a mesma forma dos dois lados. Dizemos que os bordos são simétricos em relação ao plano diametral.

TANQUE DE PROVAS - É um canal artificial, de água, onde se estuda o comportamento de barcos rebocando-se modelos, em escala reduzida.

VOLUME II - TEORIA

Capítulo 1 - VELOCIDADE E RESISTÊNCIA.

1.1 - Introdução.

Quando um corpo movimenta-se dentro d'água aparece uma força que tende a impedir este movimento. É o que chamamos de resistência ao avanço ou simplesmente resistência. Em embarcações, essa resistência é proveniente principalmente do atrito da água com o casco e da formação de ondas na água que ele próprio produz durante sua passagem.

Além da resistência de atrito e de onda, surgem, com uma influência bem menor, outros tipos tais como, resistência dos apêndices do casco abaixo d'água, resistência devido a banda, resistência devido ao ângulo de deriva e resistência devido ao ar. A soma de todas essas resistências chamamos de resistência total.

Estudemos agora a influência da velocidade nestas diversas causas de resistência.

Olhe a figura 12.

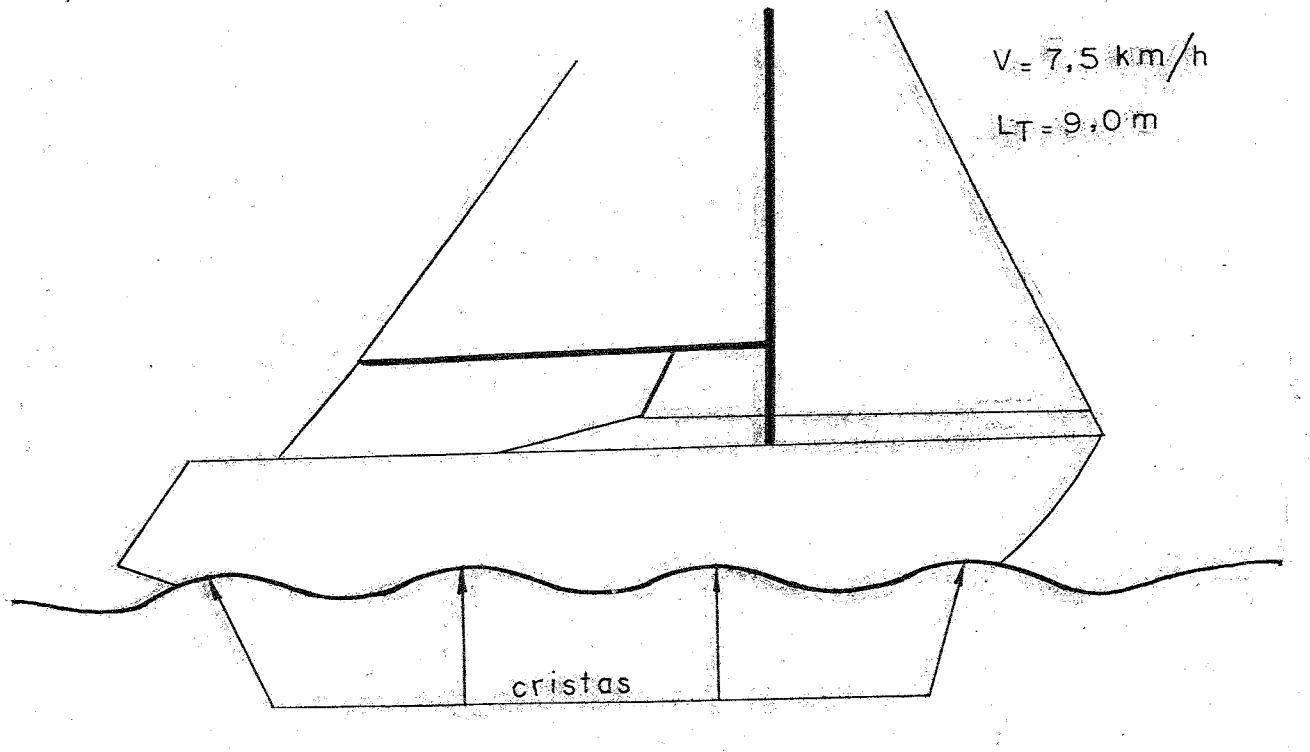


FIG. 12

O barco que você vê está andando a uma velocidade de 7,5 km/h e tem 9 m de comprimento. A onda que ele forma tem quatro cristas e a resistência total tem um valor que representaremos por R_T1.

Aumentemos agora a velocidade do barco para 9 km/h.

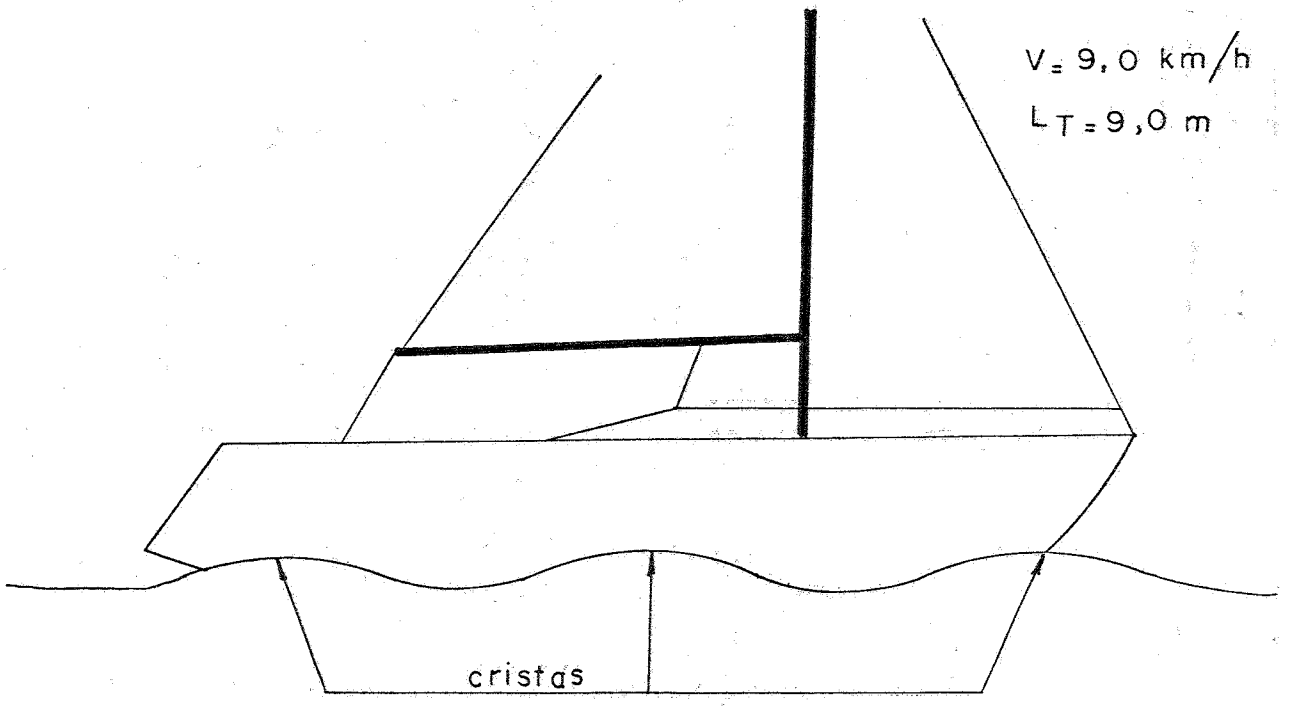
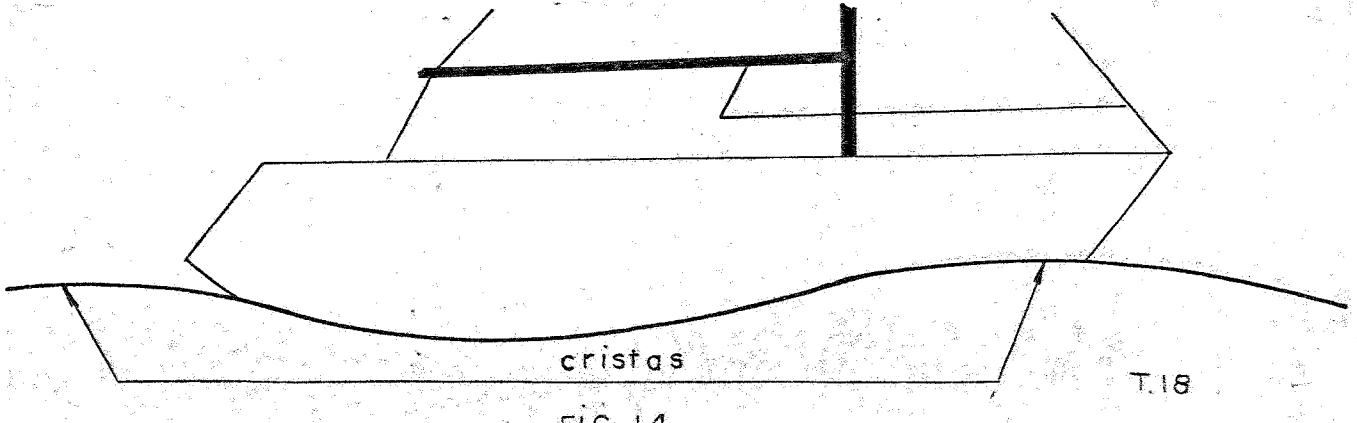


FIG 13

A resistência total tem um valor RT_2. Experiências feitas em tanques de prova mostram que o valor RT_2 é muito maior que RT_1 e que a resistência cresce quando a velocidade do barco aumenta chegando a um ponto em que ela cresce incrivelmente para um pequeno aumento da velocidade. Nesta condição, o barco estará navegando com uma crista na proa e a outra ligeiramente atrás da popa.



T.18

FIG 14

Os veleiros dificilmente atingem este ponto e normalmente na velocidade máxima ficam com uma crista na proa e outra na popa.

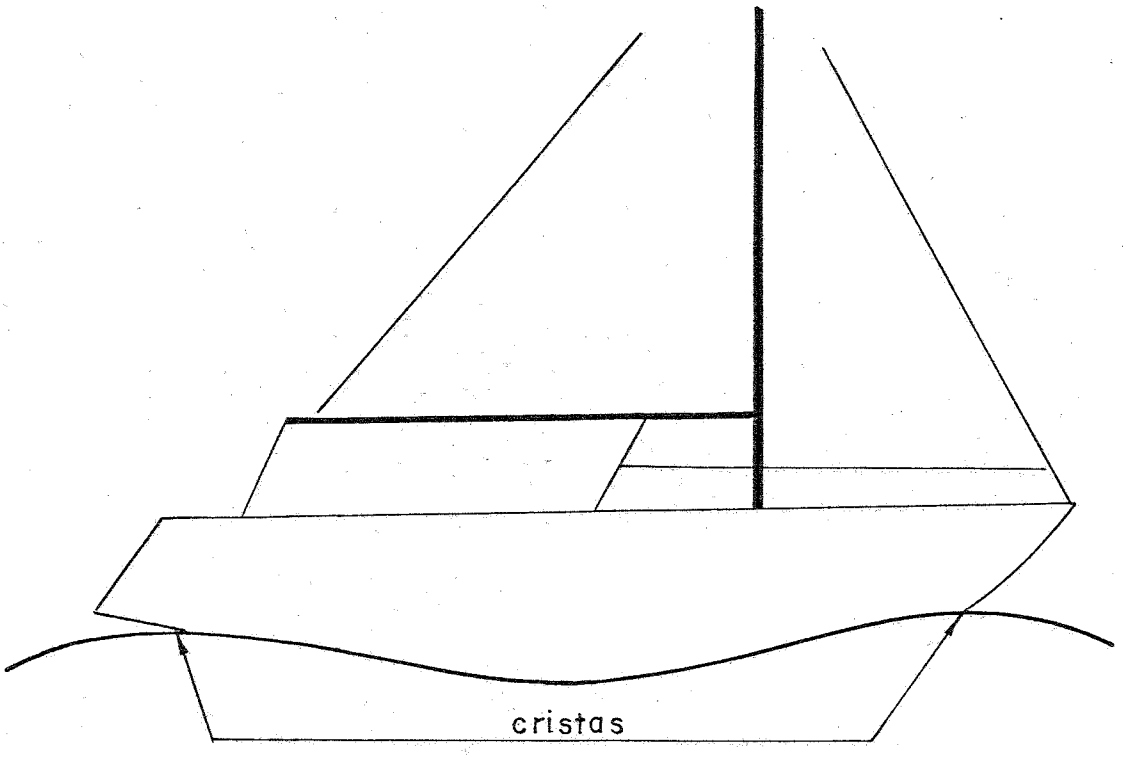


FIG 15

Nesta condição, o veleiro em estudo está com uma velocidade de 12 km/h.

William Froude (1876) verificou que quando dois barcos de diferentes comprimentos de linha d'água navegam com a mesma formação de ondas, por exemplo, com quatro cristas, se dividirmos a velocidade de cada um pela raiz quadrada do seu comprimento de linha d'água, o resultado desta divisão dará o mesmo valor para ambos.

Podemos visualizar este fenômeno vendo a Figura 16.

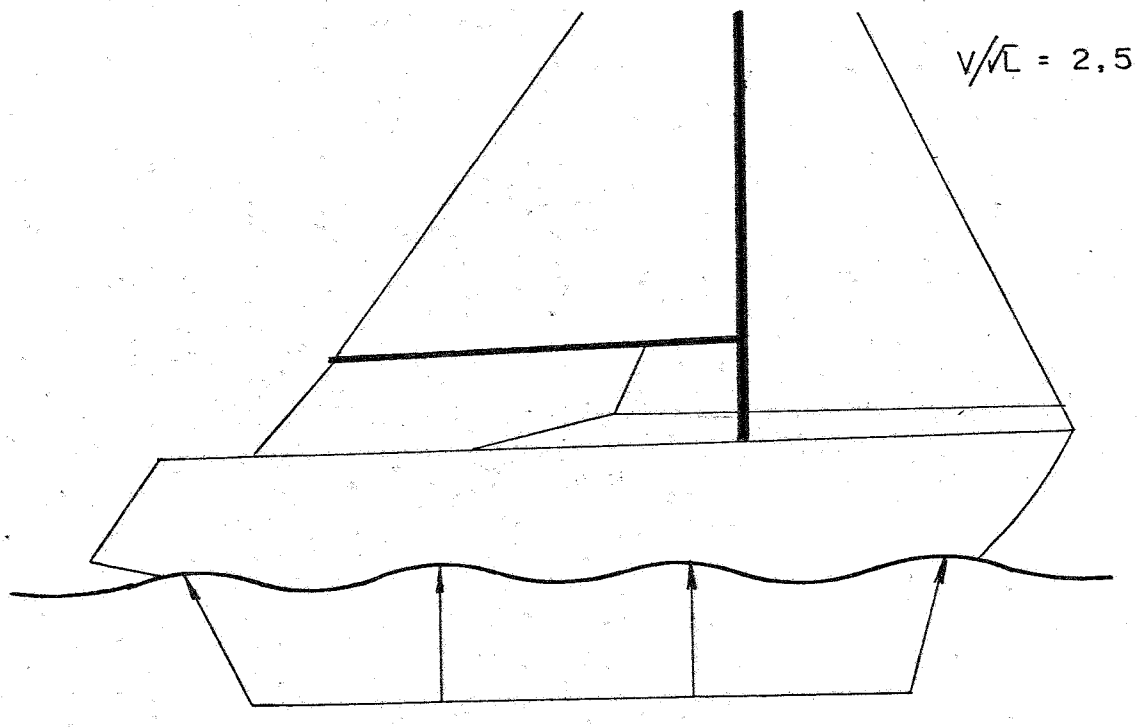


FIG 16

Toda vez que um barco estiver navegando sobre quatro cristas de onda, a divisão de sua velocidade pela raiz quadrada do seu comprimento de linha d'água será igual a 2,5 ($V/\sqrt{L} = 2,5$) se a unidade da velocidade for km/h e o comprimento em metros.

Quando um barco navega em duas cristas de onda, a razão $V/\sqrt{L}$ será igual a quatro (4) e este é um valor limite acima do qual teremos que aumentar de muito a força motriz para aumentarmos muito pouco a velocidade. Este fato é de fundamental importância para quem faz projetos de veleiros pois se quizermos construir um veleiro para andar numa determinada velocidade, poderemos calcular seu comprimento tendo em vista conhecermos o fato de que a velocidade limite será quando tivermos $V/\sqrt{L} = 4,0$. Então, se tivermos que projetar um barco para atingir uma velocidade de 20 km/h, o comprimento mínimo será: $20/\sqrt{L} = 4$ de onde $L = (20)^2 \div (4)^2 = 25$ m. Se quisermos um veleiro com velocidade de 10 km/h, o comprimento mínimo será: $10 \div \sqrt{L} = 4$, de onde: $L = (10)^2 \div (4)^2 = 6,25$ m.

Chamamos $V/\sqrt{L}$ de grau de velocidade.

Em alguns casos excepcionais de vento forte pela popa e mar relativamente calmo, conseguimos atingir um grau de velocidade igual a cinco (5) que é a condição da Figura 14. Normalmente projetamos barcos para ficarmos com $V/\sqrt{L}$ entre 1,5 a 4,5.

É necessário salientar que estes valores altos são obtidos quando temos vento em popa. Normalmente, quando navegamos contra o vento, raramente conseguirmos passar de $V/\sqrt{L} = 2,7$.

Note-se que estes valores são para barcos de cruzeiro ou de regatas de oceano. Para catamarans e barcos planadores, os valores $V/\sqrt{L}$ chegam até 8,0 e serão estudados no Volume VIII.

1.2 - Resistência de Atrito.

A resistência de atrito depende diretamente da área do casco em contato com a água. Uma das primeiras providências de um projetista naval ao desenhar um barco, é reduzir ao máximo esta área, que chamaremos de superfície molhada.

A forma das seções transversais do barco tem influência direta na superfície molhada. As formas circulares dão menos superfície molhada que as triangulares e estas menos que as retangulares. Estudaremos este ponto com mais detalhes no Capítulo 2 deste Volume.

1.3 - Resistência de Onda.

A resistência de onda é função principalmente do deslocamento do barco, de sua boca, seu calado e das formas dos planos do alto na parte de ré do casco.

Normalmente dividimos os barcos à vela em três categorias de deslocamento:

a) deslocamento leve,
b) deslocamento pesado,
c) deslocamento médio.

Podemos verificar em qual classe de deslocamento está classificado um barco dividindo o seu deslocamento D medido em kilogramas pelo cubo do comprimento da linha d'água de projeto L_{AR} medido

em metros e compararmos na Tabela 1 abaixo.

TABELA 1

DESLOCAMENTO	D/L^3_{LA}
Leve	5,0 a 9,0
Médio	9,0 a 14,0
Pesado	14,0 a 18,0

Vejamos a Figura 17.

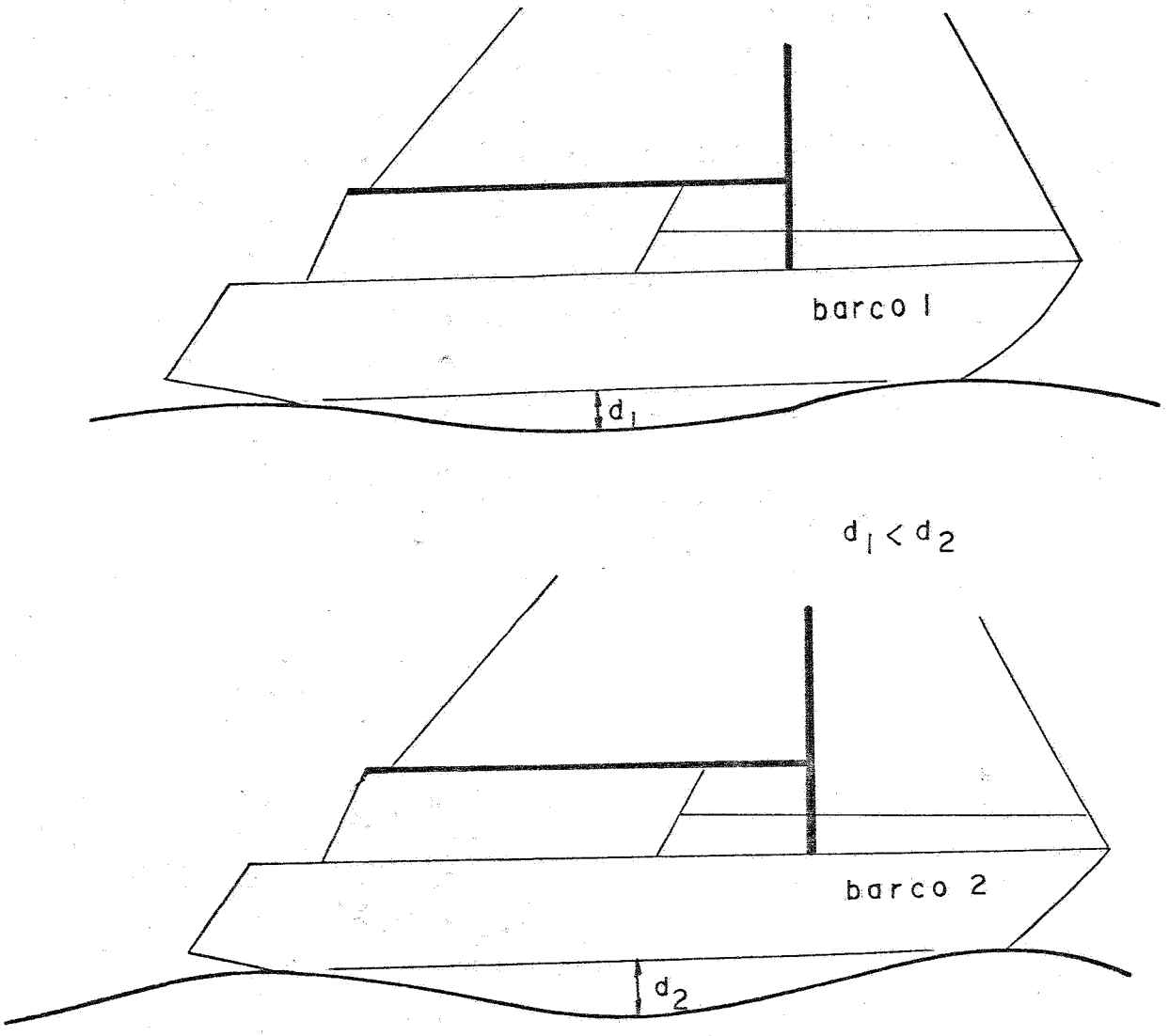


FIG 17

Ela nos mostra dois barcos de mesmo comprimento L_{AP}. Porém de deslocamentos diferentes, O barco 1 se enquadra na categoria de deslocamento leve, e o de nº 2 na de pesado.

Notamos que as ondas produzidas pelo barco nº 2 são mais profundas. Um barco de deslocamento pesado produz sempre ondas mais profundas que o leve. Devido a isto, o barco nº 2 precisa de uma força motriz F_M maior que o nº 1 para alcançar a mesma velocidade, pois é necessário cedermos mais energia à água para que tenhamos ondas mais profundas.

A boca tem também uma influência grande na formação de ondas. Quanto maior a boca maior é a profundidade da onda formada pelo casco.

Por este motivo, quando temos que adotar no projeto de um barco um deslocamento pesado, devemos procurar reduzir a boca para que estes dois fatores não se somem e tenhamos um barco que produza ondas profundas.

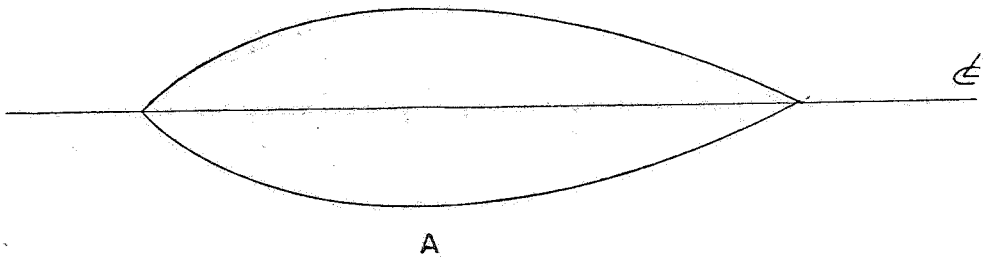
Como a boca tem muita influência na estabilidade, quanto maior a boca melhor estabilidade. Podemos usar para barcos de deslocamento leve uma proporção maior entre o comprimento L_{AP} e a boca.

Outro fator importante para a formação de onda é a forma dos planos do alto na parte de ré do casco. Devemos sempre, ao desenhar um casco, ter cuidado ao fazermos as formas de ré, de tal maneira que os planos do alto à ré, sejam longos e suaves.

Um casco muito profundo para o seu comprimento também produz uma onda profunda.

1.4 - Resistência devido a banda.

Quando o veleiro navega em ângulo com o vento, já vimos que ele fica com uma banda ocasionada pela força lateral F_L. Neste momento, o casco perde a simetria de formas e a resistência aumenta. Na Figura 18;



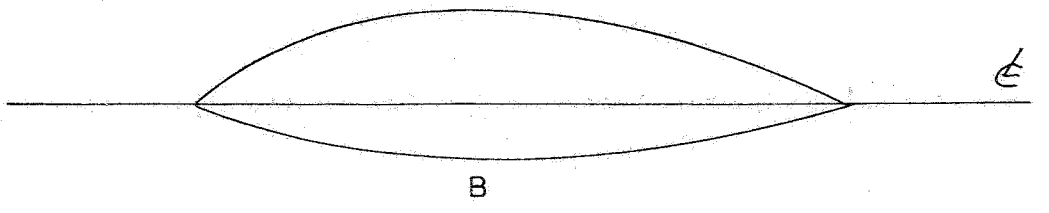


FIG 18

mostramos duas linhas d'água sendo a A uma linha d'água com o veleiro na posição normal sem banda e a B quando o veleiro está com banda.

No projeto do veleiro temos que verificar se as linhas d'água inclinadas têm uma forma equilibrada. Isto será visto em detalhes no Volume VI.

Para termos uma idéia do aumento da resistência com o veleiro navegando em banda, podemos consultar a Figura 19.

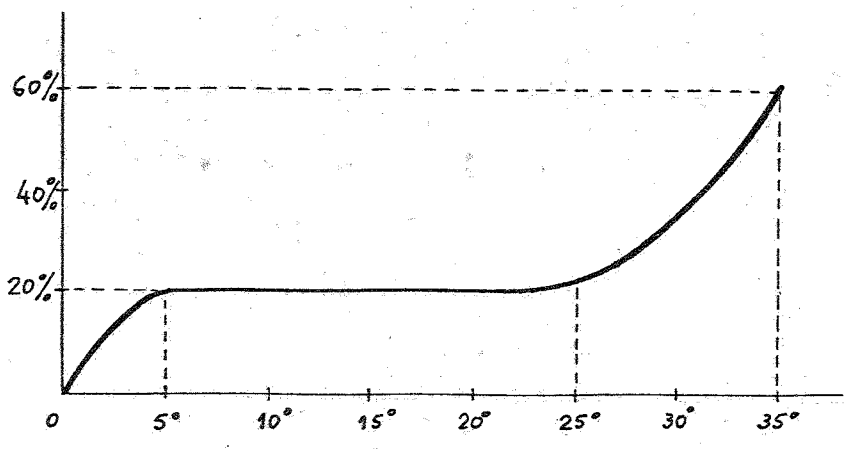


FIG 19

Ela nos mostra que até 5° de banda a resistência aumenta em 20%, de 50° a 25° a resistência continua com cerca de 20% de aumento e de 25° em diante ela aumenta bruscamente.

O gráfico mostrado na Figura 19 serve para ilustrarmos o efeito da banda na resistência, mas cada barco tem sua própria curva e cujo aumento será grandamente motivado pela forma de suas linhas d'água inclinadas.

Quando o ângulo de banda passa de 5° há um aumento no comprimento da linha d'água devido a forma do casco na proa e na popa, pois quando o barco inclina de mais de 5° as partes da proa e popa do barco que ficam para fora d'água começam a ficar dentro d'água e com isso aumenta o comprimento da linha d'água ficando o barco com um potencial maior de velocidade pois quanto maior for o comprimento da linha d'água maior é a velocidade que o barco pode ter e assim podemos justificar a paralização do aumento da resistência em 20% de 5° a 25° em virtude do aumento do comprimento da linha d'água.

Se o barco tiver pouca proa e popa acima d'água, o aumento da resistência devido a banda crescerá rapidamente com o ângulo de banda.

1.5 - Resistência devido ao ângulo de deriva.

Como já vimos anteriormente, ângulo de deriva é o ângulo que o barco faz em relação a sua rota.

Naturalmente podemos sentir que quanto maior for o ângulo de deriva maior é a resistência, pois o casco encontra a água inclinado e o escoamento da água ao longo dele não se dá de um modo simétrico.

Resultados de uma experiência com um modelo, nos mostra que para uma mesma velocidade e um ângulo de banda de 25° temos:

a) Para um ângulo de deriva igual a zero (0), necessitamos de 97,5 gramas para empurrar o modelo;

b) Com o ângulo de deriva de 2° necessitamos de 112,5 gramas;

c) E a 4° de deriva necessitamos de 142 gramas.

Vemos então que necessitamos pois de mais de 45% de força para obtermos a mesma velocidade com um ângulo de deriva de 4°.

Para diminuirmos o ângulo de deriva temos que projetar uma quilha eficiente e isto será discutido e esclarecido totalmente no Volume IV.

1.6 - Resistência devido aos apêndices.

Chamamos de apêndices as partes que ficam dentro d'água e que são complementos do casco, tais como: hélice, eixo do hélice, leme, quilha, etc.

Os apêndices provocam também um aumento na resistência e temos que fazê-los sempre com formas suaves e arredondadas para diminuir ao máximo a resistência total.

Este tipo de resistência é uma pequena parte da resistência total, porém não podemos descuidar de sua influência.

1.7 - Resistência devida ao ar

A resistência do ar é também uma pequena parte da resistência total mas que em barcos de regata temos de diminuí-la ao máximo.

Temos que procurar diminuir esta resistência melhorando as formas do mastro, dos estaiamentos e da forma da cabine.

O elemento preponderante no aumento da resistência ao ar é a área frontal do barco. Vemos achurada na figura 20 a área que oferece resistência ao ar.

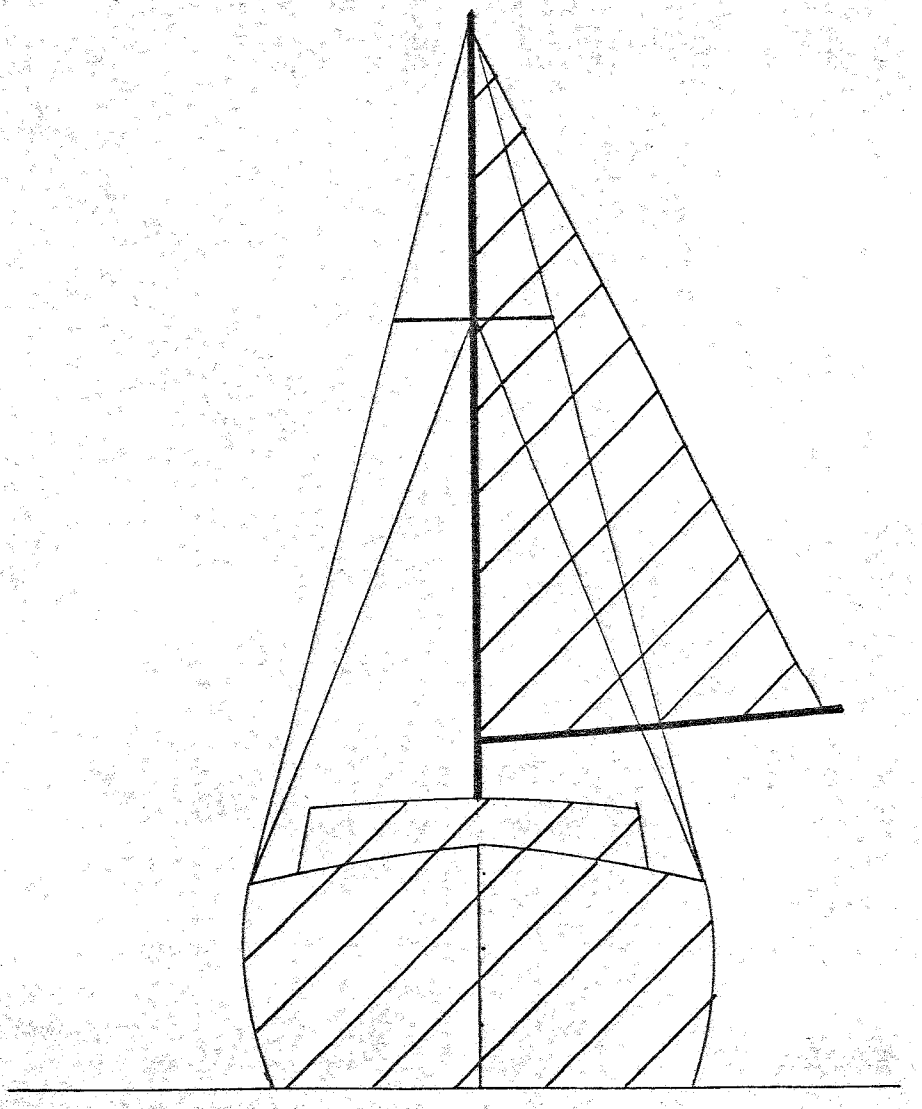


FIG 20

VOLUME II

CAPÍTULO 2 - SEÇÃO MESTRA

A forma da Seção Mestra é uma das grandes decisões que um projetista tem que tomar. Por facilidade de análise, podemos dividir a Seção Mestra em duas partes: a que fica dentro d'água e a que fica fora. Comecemos nosso estudo pela verificação da influência da parte imersa nos seguintes itens:

a) Deslocamento.

Para um comprimento de linha d'água escolhido o deslocamento é função direta da área imersa da Seção Mestra.
(Ver Figura 21).

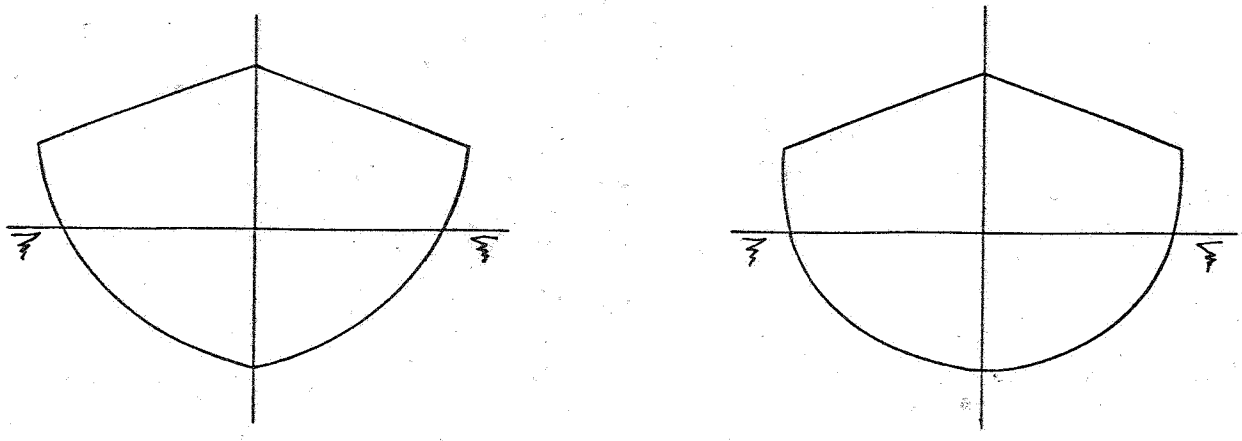


FIG. 21

Se fizermos uma seção com uma área imersa grande teremos um deslocamento pesado; se fizermos a área imersa pequena teremos um deslocamento leve.

b) Formas de Proa e Popa.

Normalmente o contorno da Seção Mestra fica entre triangular, retangular ou circular, e naturalmente, a forma das seções de proa e popa seguirão o contorno escolhido, uma vez que ao desenharmos um plano de linhas deveremos manter ao longo do barco as mesmas formas que escolhemos para a seção principal, isto é, se escolhemos uma seção circular, as formas de proa e popa deverão assumir também seções circulares.

Podemos verificar isto em todos os planos de linhas, olhando simplesmente o plano de balizas. Veremos que todas as seções têm quase o mesmo formato, principalmente abaixo da linha d'água. (Veja Fig. 22).

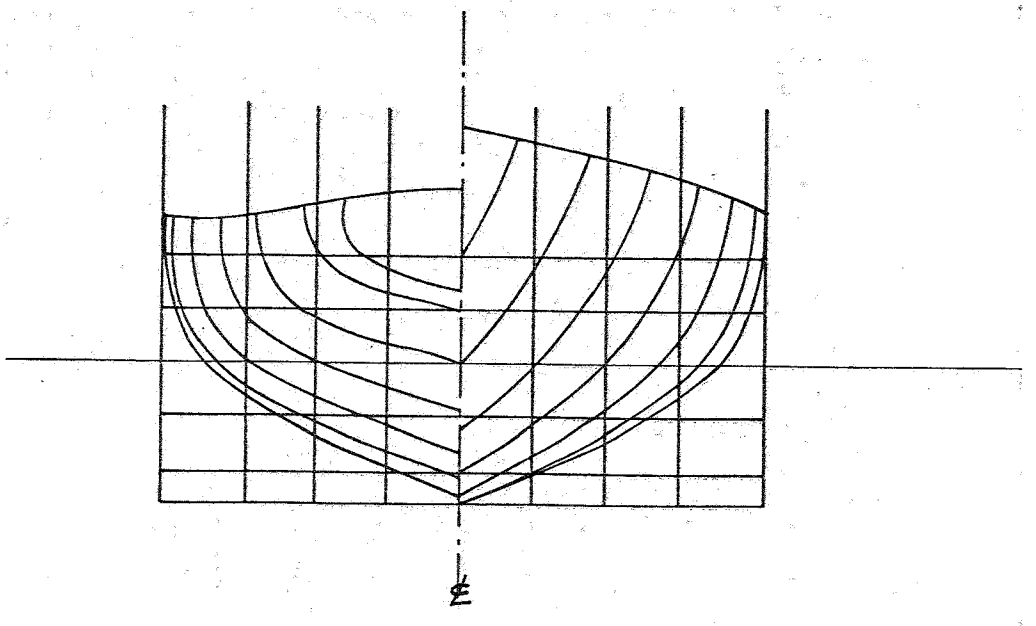


FIG. 22

c) Resistência de Atrito.

Como já vimos, a resistência de atrito é função direta da superfície molhada.

Para um mesmo deslocamento, um mesmo comprimento de linha d'água, um mesmo calado e uma mesma área imersa da seção principal, teremos mostradas na Fig. 23 as opções básicas para o contorno da Seção Mestra.

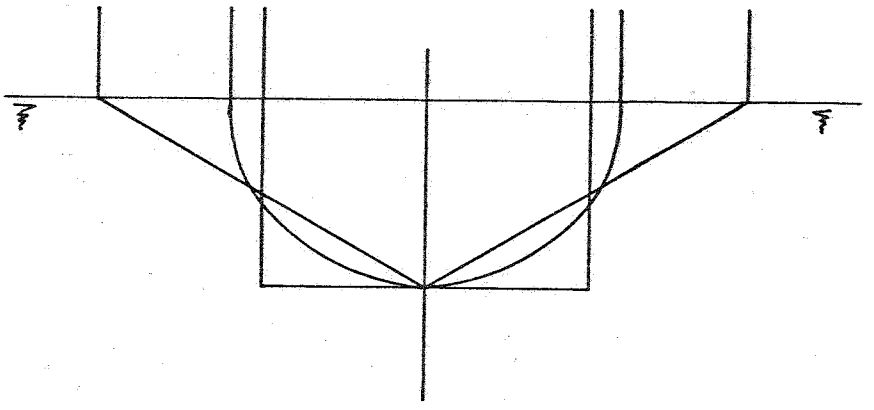


FIG. 23

O contorno que nos dá menor área molhada e, portanto, menor resistência de atrito é o circular.

d) Estabilidade e Boca.

Podemos verificar que para a Fig. 23 e para as condições do item (c), a boca da seção triangular é 70% maior que a circular e a retangular é 15% menor que a circular. Como a boca tem grande importância na estabilidade, que podemos definir como a capacidade do barco resistir às forças externas que provoquem banda, vemos que a seção triangular produz um barco mais estável que os demais, sendo a mais crítica a seção retangular que apresenta menor boca.

e) Acomodações.

Uma forma muito triangular impede um piso mais largo dentro da cabine. Para aumentarmos esta largura temos que elevar o piso e com isto perdemos altura dentro da cabine. A seção quadrada diminui a boca, estreitando o casco e com isso perdemos volume interno. (Veja a Figura 24).

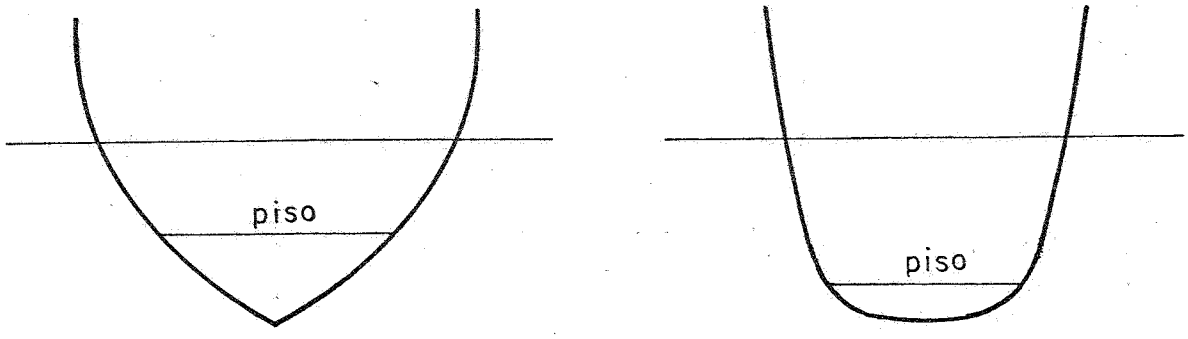


FIG 24

Vimos alguns comentários sobre a forma abaixo da linha d'água e podemos passar agora para a parte superior.

À parte lateral do casco, acima da linha d'água, chamamos de costado, e normalmente ela é vertical. À parte do casco entre o costado e o fundo chama-se bojo. (Veja Fig. 25).

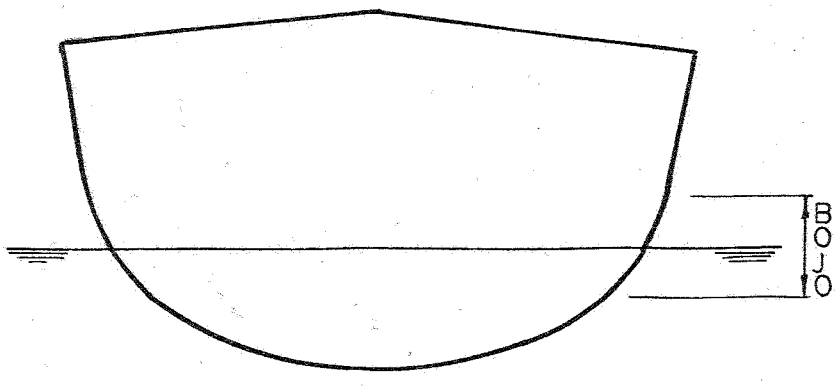


FIG 25

Como para o fundo normalmente escolhemos um dos três tipos básicos de formas (triangular, circular ou retangular), ou um compromisso entre eles temos que concordar o fundo com o costado reto e normalmente adotamos uma forma circular para o bojo.

Para o costado podemos adotar na altura do convés uma ligeira diminuição da boca. A Figura 26 representa a Seção Mestra do Endeavour, que nos mostra que seu projetista escolheu para o fundo uma forma entre a triangular e a circular e para o costado uma entrada na altura do convés.

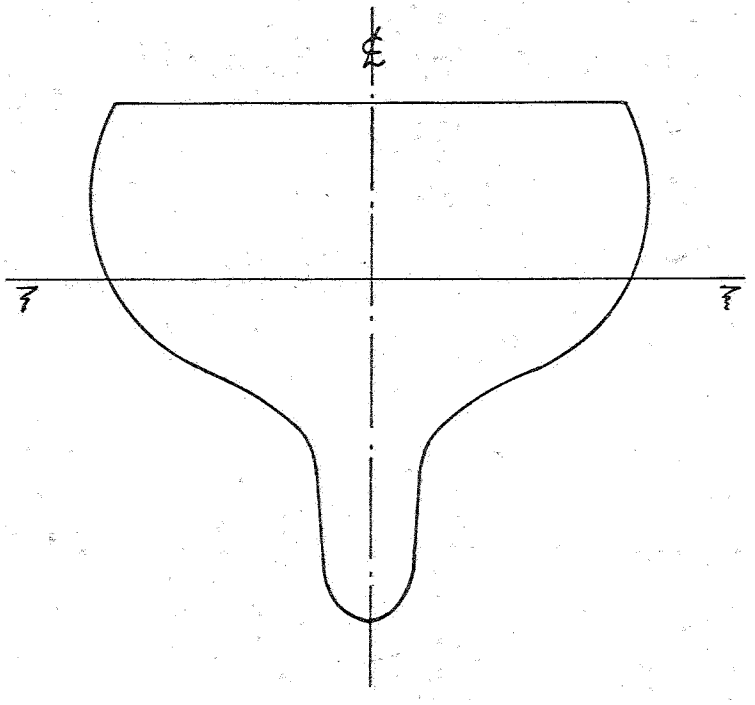


FIG. 26

Existem duas vantagens para usarmos o costado com esta entrada. A primeira é a diminuição no peso do convés e a segunda é que para a água atingir o convés é necessário que se dê uma inclinação maior ao barco. Veja Figura 27.

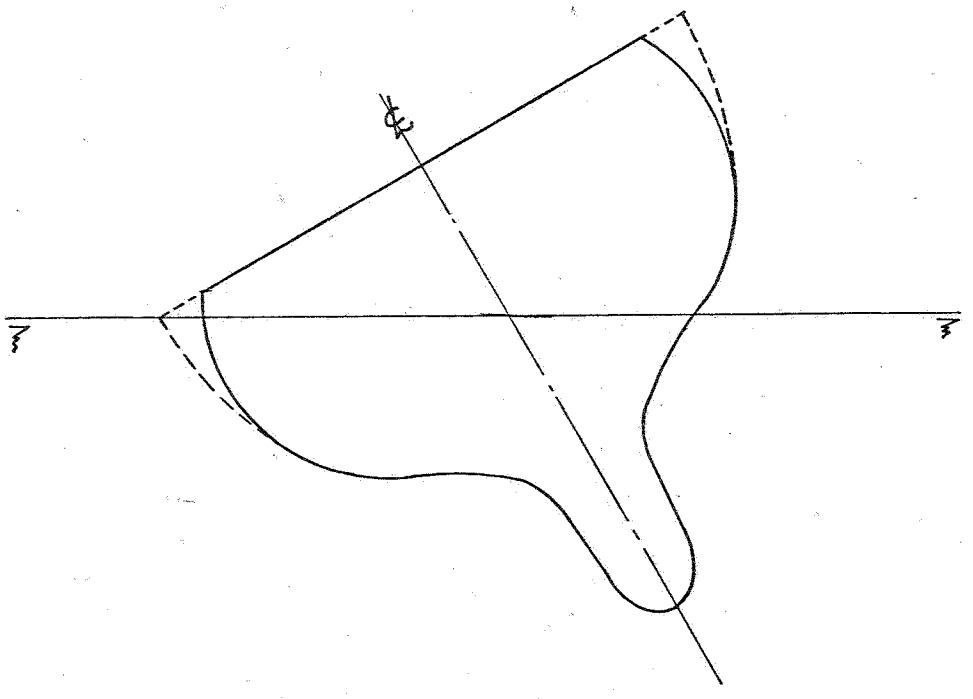


FIG. 27

Uma das desvantagens deste tipo de costado é diminuir a área de convés quando esta tem uma largura pequena, dificultando a colocação das ferragens de estaiação do mastro e outras igualmente necessárias.

Nos barcos modernos consideramos a quilha e o leme como um apêndice ao casco. A quilha tem como função criar uma força que equilibra a componente lateral F_{VL} do vento que tende a levar o barco na direção do vento. Estudaremos em detalhe o projeto da quilha no Volume IV.

Portanto, ao pensarmos em fazer a seção principal de nosso projeto, podemos esquecer a quilha e inclusive trabalharmos, inicialmente, no plano de linhas sem ela.

Atualmente, a grande maioria dos barcos à vela usa uma seção circular ou uma intermediária entre a circular e a triangular.

Acredito mesmo que a circular seja a mais usada devido a diminuição da superfície molhada que ela provoca em relação às outras seções.

1. A TABELA DE COTAS.

A Tabela de Cotas é uma tabela de dupla entrada, capaz de armazenar a forma do casco de uma embarcação através das dimensões de cada baliza, tomadas como explicaremos abaixo.

Na Tabela de Cotas (ver Fig. 14) as linhas correspondem às balizas, enquanto as colunas correspondem às linhas d'água.

Tomemos, por exemplo, a Baliza 5 e a Linha D'Água 3. O número escrito no retângulo (108 cm) representa a meia-boca da Baliza 5, na Linha D'Água 3. Ou seja, um observador olhando a Baliza 5 de frente, pode constatar que na interseção da embarcação tem o valor escrito na Tabela de Cotas.
(Veja a Fig. 15 abaixo).

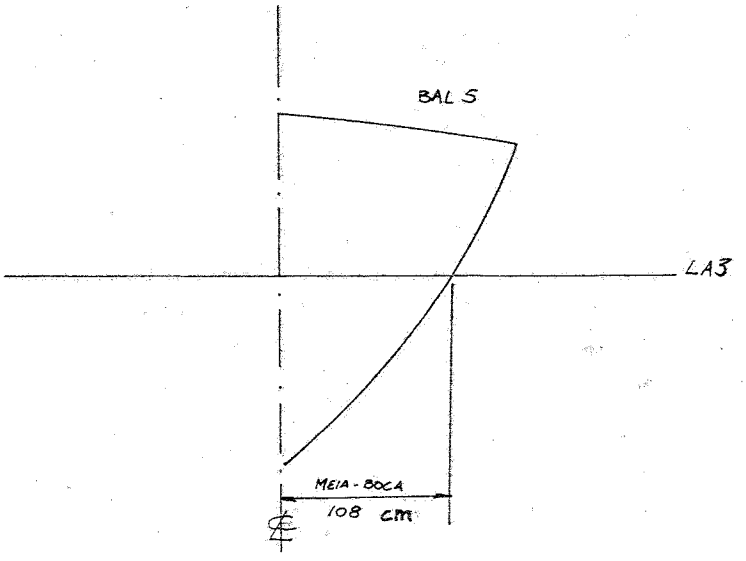


FIG 15

Este mesmo valor, poderia ser obtido olhando-se o barco de cima, isto é, na Linha D'Água 3, a meia boca da Baliza 5 tem o mesmo valor, 108,00 cm. Fig 16.

LA / BAL.	MEIAS - BOCAS							ALTURAS NA ℄	LINHA DO CONVÉS	
	LA 1	LA 2	LA 3	LA 4	LA 5	LA 6	LA 7		MEIAS BOCAS	ALTURAS
-1					54	66,5		83	66,5	126
0				63,5	82	87		60	86,8	124
1		5	62,5	91	101	102,5		38,7	102,5	121
2		48	91,5	108	113,5	114,5		22,5	114,5	120,5
3	26	74	105	118	122	122,5		11	122,5	120
4	42	84,5	111	122	126	126,5		4	126,5	122,5
5	46	85	108	119,5	125	126,5		0	127	124,5
6	41,2	76,5	99,5	111,5	118	121,5		1	123	127,5
7	27,5	59	83	97,5	106,5	111,2		5	113	131,5
8	9,5	37	60	76	87,5	94		14	99,5	135,5
9		11,5	32	48,5	61,5	71	79	31	79,5	140,5
10				17	30	42	51	60	55	145,5
11						8,6	19	105,5	25	151
CONTORNO DE POPA	256	179	117,5	60	19	6	—			
CONTORNO DE PROA	218,5	157,5	117,5	84	59	36,8	16,5			

Fig. 14 (Tabela de Cotas)

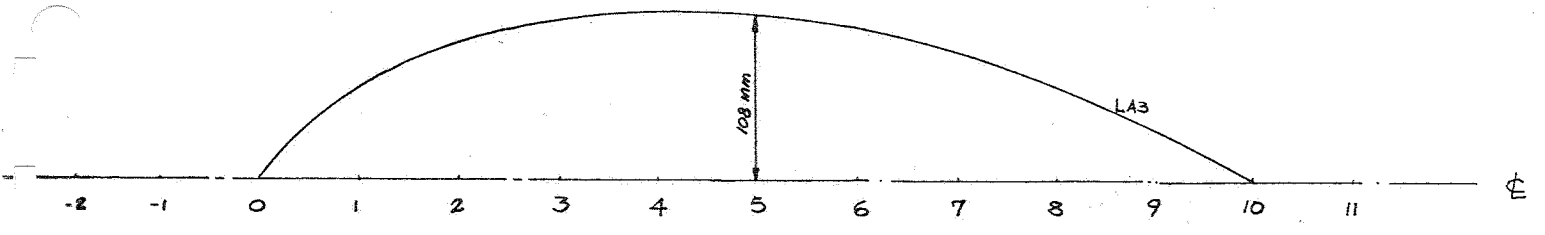


FIG 16

Podemos notar que uma tabela de cotas encerra basicamente, quase todas as informações necessárias para se traçar um Plano de Linhas. A maneira de se traçar um plano de linhas a partir destas informações é o que veremos a seguir.

2. DESENHO DO PLANO DE BALIZAS.

O desenho do plano de linhas a partir de uma tabela de cotas, segue um procedimento básico, que se repete para todas as balizas indiscriminadamente. Estudaremos, portanto, a Baliza 5 detalhadamente, já que as demais poderão ser facilmente obtidas seguindo-se o mesmo procedimento.

Observe atentamente a linha correspondente a Baliza 5, da tabela de cotas. Podemos notar, que todas as linhas d'água cortam esta baliza, já que todos os retângulos, onde estão descritos os pontos de interseção das linhas d'água com a baliza estão preenchidos.

Neste exemplo, nota-se também que estes valores estão em ordem crescente com as linhas d'água, isto é, quanto maior for o calado, e portanto a altura da linha d'água, maior é o valor escrito nos retângulos. Isto é fácil de se entender se nos lembrarmos que estes valores presentam a largura da seção para os diversos calados. (Ver Fig. 17)

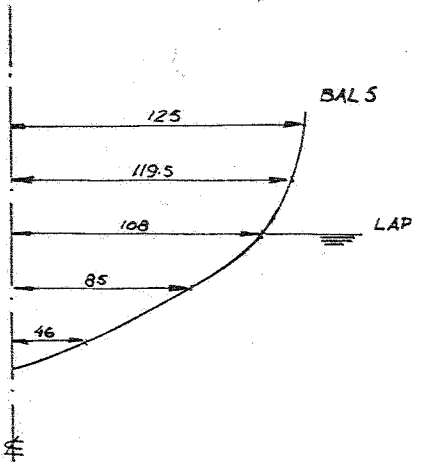


Fig 17

O primeiro passo é passar para a grade do plano de balizas, todas as balizas representadas numericamente na tabela de cotas.

Observação: Use a grade que lhe foi pedida nos exercícios do primeiro volume, pois ela foi feita para o veleiro que estamos estudando agora.

Novamente observe a Baliza 5:

Transfira, um a um, para a grade, os valores das meias-bocas respeitando a escala em que está sendo desenhado o plano de linhas.

Como é feita esta transferência?

Em primeiro lugar, tome o valor correspondente à interseção da linha d'água 1 do plano de balizas, medindo-o a partir da linha de centro para a direita. (Fig. 18).

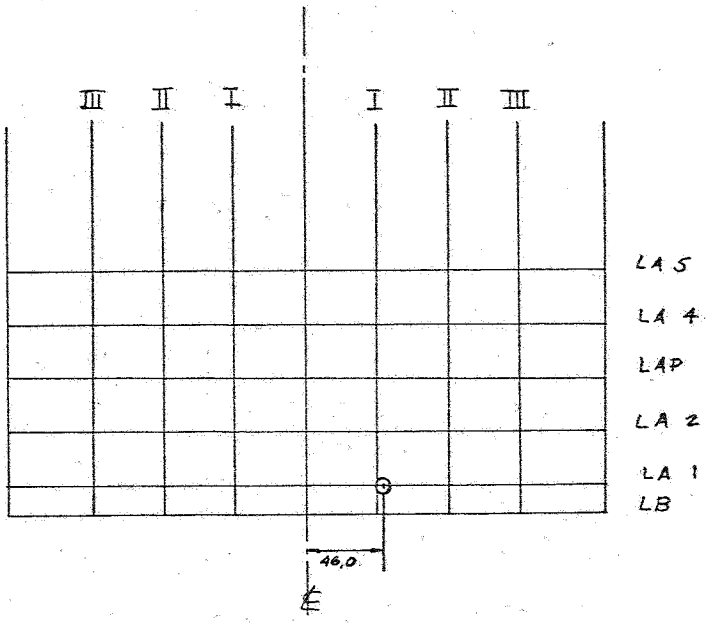


FIG 18

Repita o processo para todas as outras linhas d'águas, isto é, para os demais valores de meias-bocas da Baliza 5, de modo análogo ao da Fig. 19 abaixo:

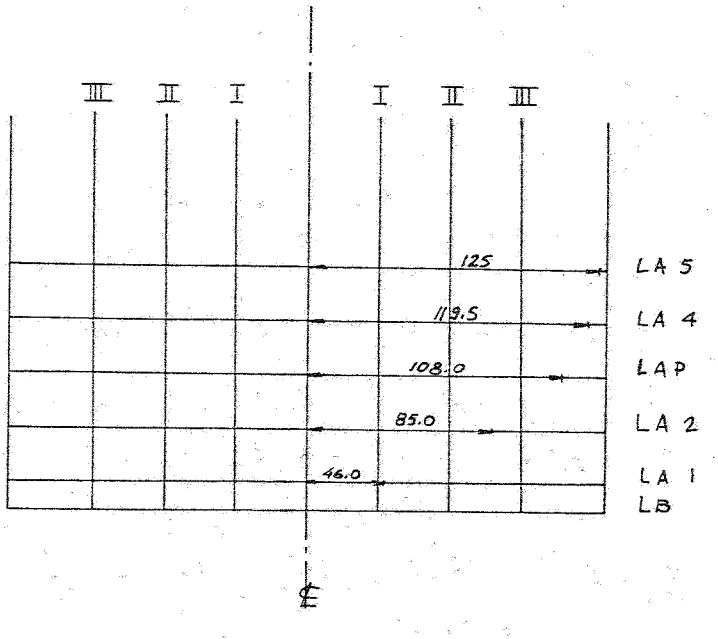


FIG 19

procure ajustar, agora, uma curva francesa que passe por alguns pontos, e procure traçar uma linha suave, que ligue todos os pontos marcados. (Figura 20).

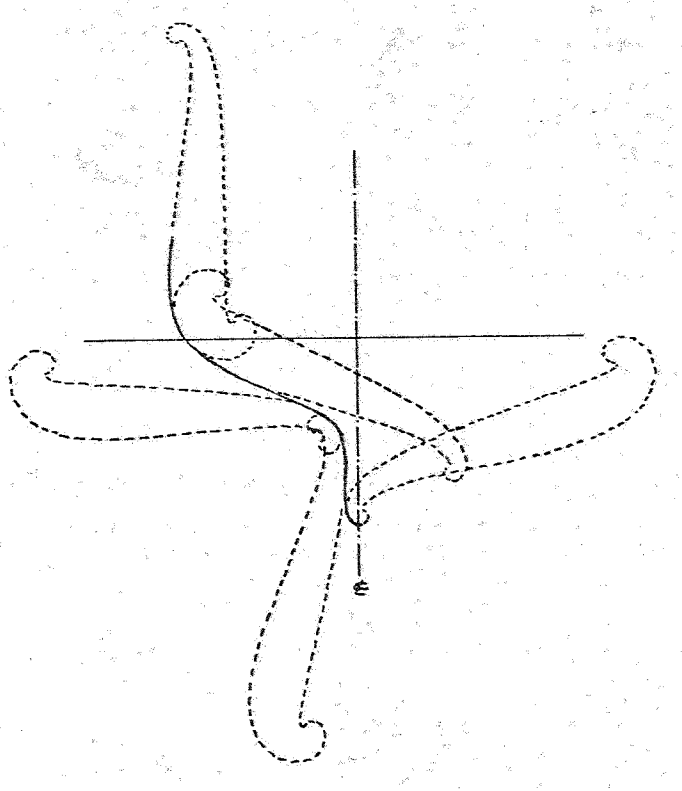


FIG 20

Estude cuidadosamente a curva obtida, verificando se ela se apresenta suave, sem bicos ou curvaturas que não apresentem boa continuidade. (Fig. 21)

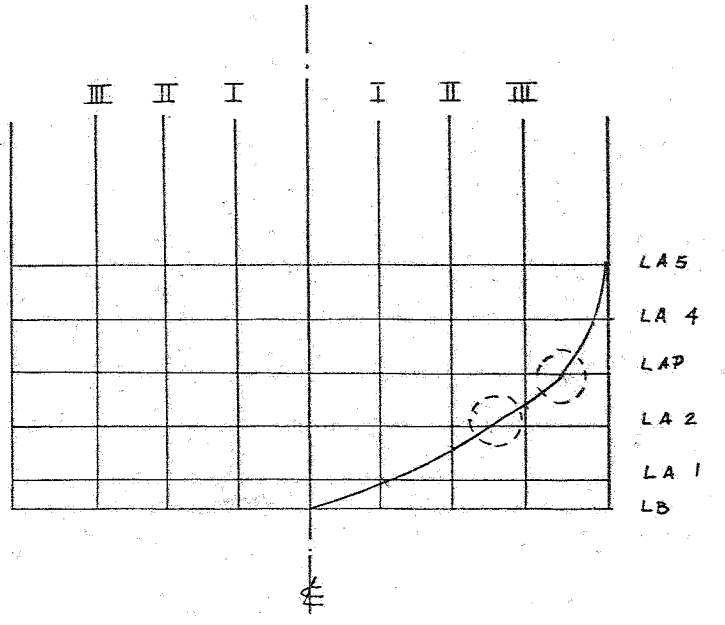


FIG 21

Se a sua curva apresentar "defeitos" como as mostradas acima, procure uma outra curva francesa que lhe possibilite melhores adoçamentos e concordâncias.

Uma vez que você tenha obtido uma linha final que lhe agrade, passe para a Baliza seguinte (Baliza 6), repetindo todo o processo até que toda a parte de vante da embarcação, isto é, todo o lado direito do Plano de Balizas, esteja desenhado.

Numere as balizas e passe para a parte de ré do barco.

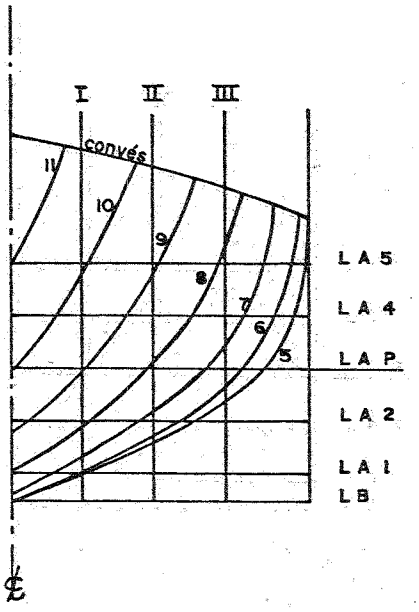


FIG 22

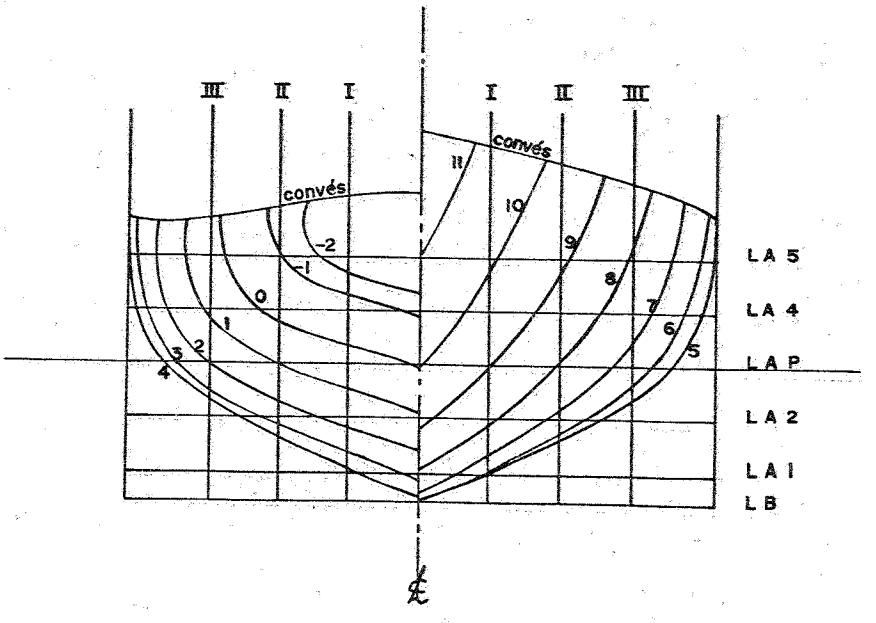


FIG 23

Definindo, com isso todo o Plano de Balizas.

3. DESENHO DO PLANO DE LINHAS D'ÁGUA.

O desenho das linhas d'água é feito de maneira semelhante ao do plano de balizas, sendo que agora, devemos estudar as colunas da tabela de cotas.

Observemos, por exemplo, a coluna correspondente à linha d'água 1. Pode-se notar que nem todos os retângulos estão preenchidos, o que significa que o plano de LA1 não corta todas as balizas, mas apenas aquelas da região de meia-nau. Repare que é possível visualizar isto através do Plano de Balizas, onde percebe-

-se claramente que as balizas das extremidades de vante e de ré não são cortadas pela LA1, porque são menos profundas que as da região de meia-nau.

Transfira, agora, para a grade do plano de linhas d'água, os valores da LA1. Nas balizas compreendidas entre a BAL-2 e a BAL-2, este valor é zero.

Na Bal-3, marque em escala a partir da linha de centro, o valor correspondente, isto é, 26,0 cm.

Faça o mesmo com as Balizas 4, 5, 6 e 7, de acordo com a Fig. 24 abaixo.

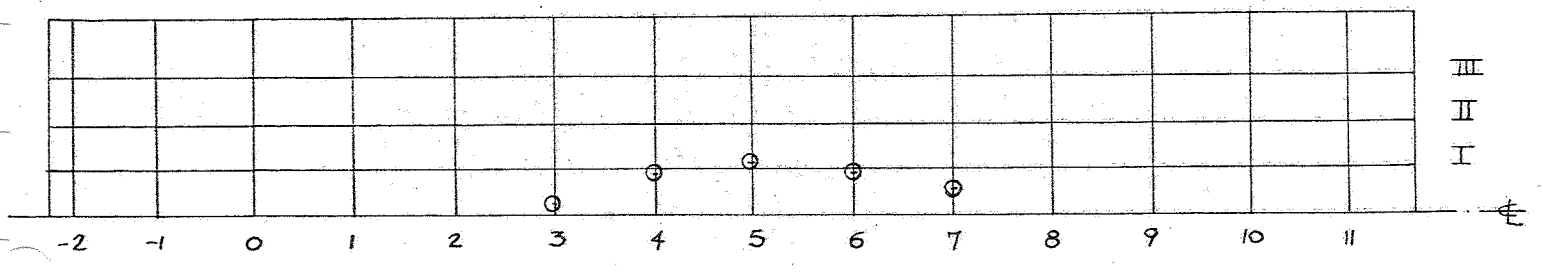


FIG 24

O desenho da linha d'água pode ser feito com a ajuda de curvas francesas ou com virote e os pesos.

O traçado com virote é feito colocando-se a parte externa do virote sobre um ponto e fixando-se sobre ele um peso. Do mesmo modo, para os outros pontos, coloca-se o virote sobre o ponto e fixa-se o peso, de modo que uma curva suave passe por todos os pontos desejados sem forçar demasiado o virote. Ver Fig. 25.

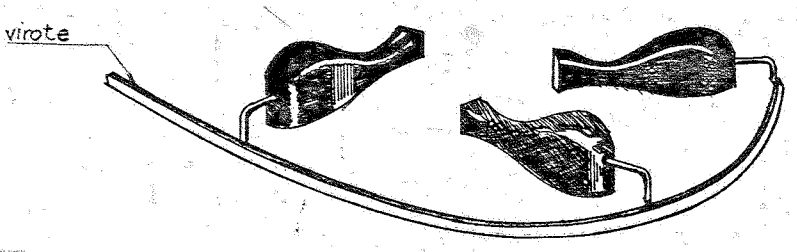


FIG 25

Apenas nos fica faltando saber os pontos exatos onde a linha d'água 1 termina, isto é, onde ela cruza o plano diametral, na linha de centro. Estes pontos são obtidos das duas últimas linhas da Tabela de Cotas (contorno de popa e contorno de proa), que dão as distâncias em relação às extremidades de ré e de vante (ER e EV), para cada linha d'água.

Assim, para a LA1, marcamos 256 cm para a direita da ER, e 218,5 cm para a esquerda da EV, de tal forma que ligando estes pontos ao restante da curva, obtemos toda a LA1.

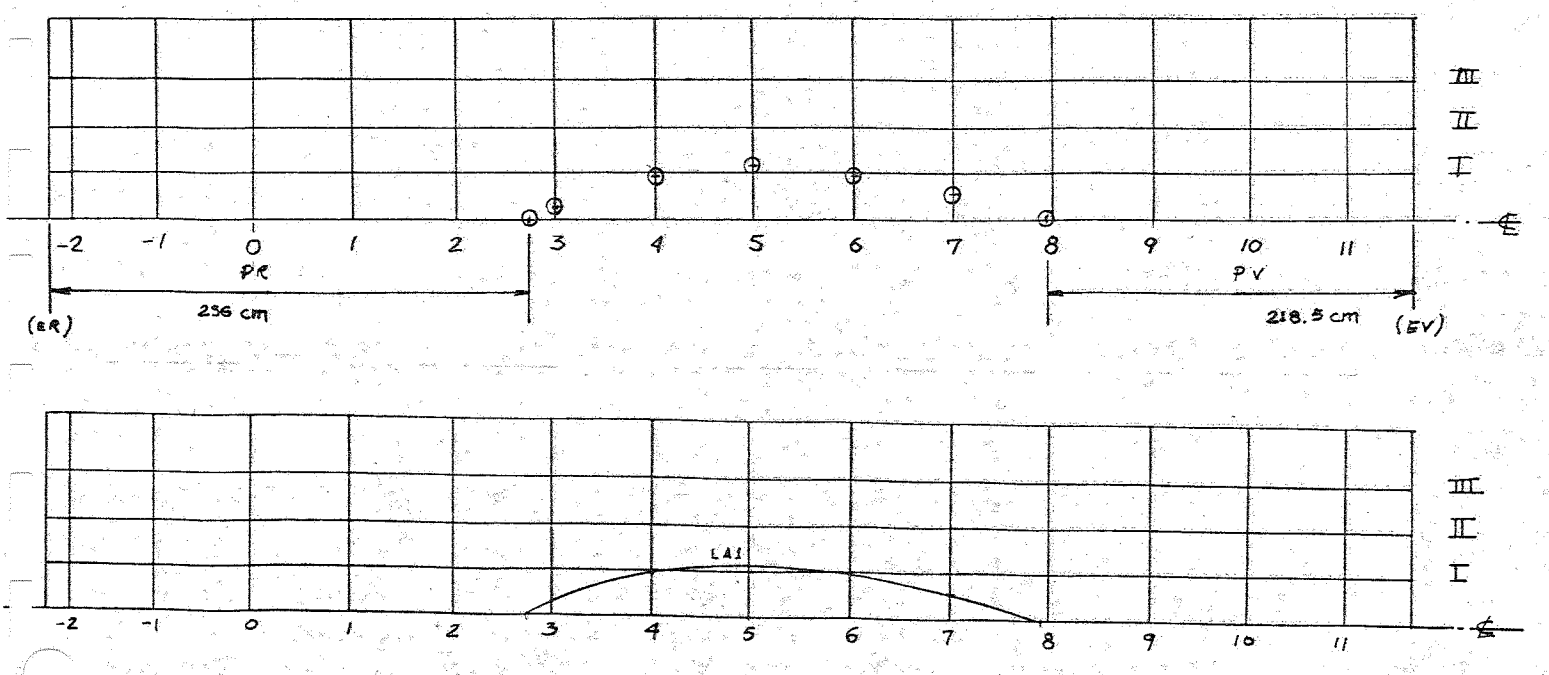


FIG 26

Repetindo o procedimento acima para as outras LAs, teremos completado o Plano de Linhas D'água, restando apenas o Plano de Linhas do Alto.

4. Desenho do Plano de Linhas do Alto.

Ao desenharmos as linhas do alto, devemos visualizar que cada plano do alto, corta além das balizas, as linhas d'água em pontos determinados, de tal modo que teremos pontos importantes tanto no plano de balizas como no plano de linhas d'água. Observe o plano do alto I. No plano de balizas, pode-se notar que ele corta todas as balizas. Os valores a serem transportados para o Plano de linhas do Alto são as alturas, medidas a partir da linha de base, de cada interseção entre baliza e o Plano do Alto I. Veja as figuras 27 e 28.

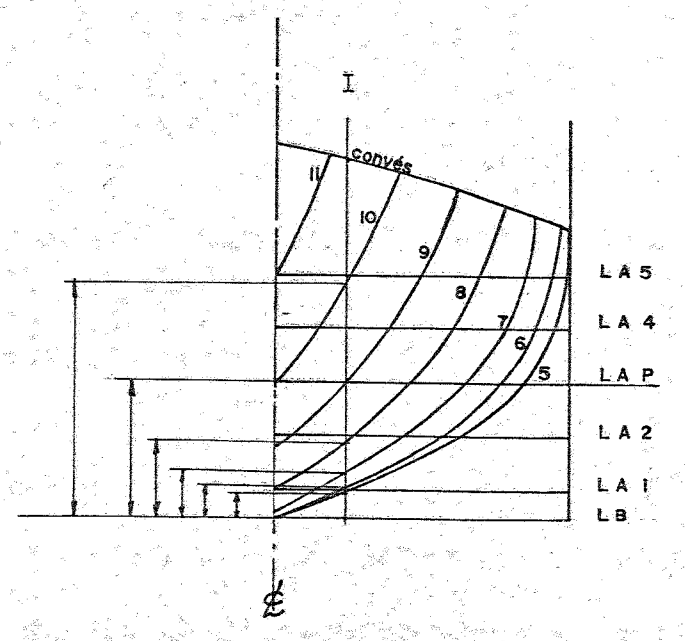


Fig. 27 - Pontos de interseção do Plano de Alto I, com as Balizas de Vante.

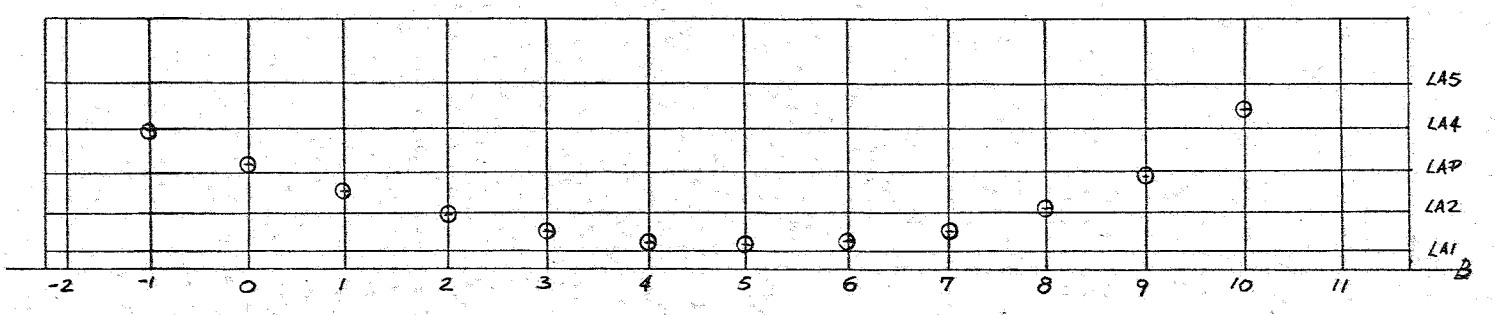


Fig. 28

Além destes, temos ainda as interseções das LAs com o Plano do Alto I. Estas podem ser tiradas diretamente do Plano de Linhas d'Água, bastando levantar uma vertical da interseção no Plano de Linhas d'Água até o Plano de Linhas do Alto, na LA correspondente. Veja a Figura 29.

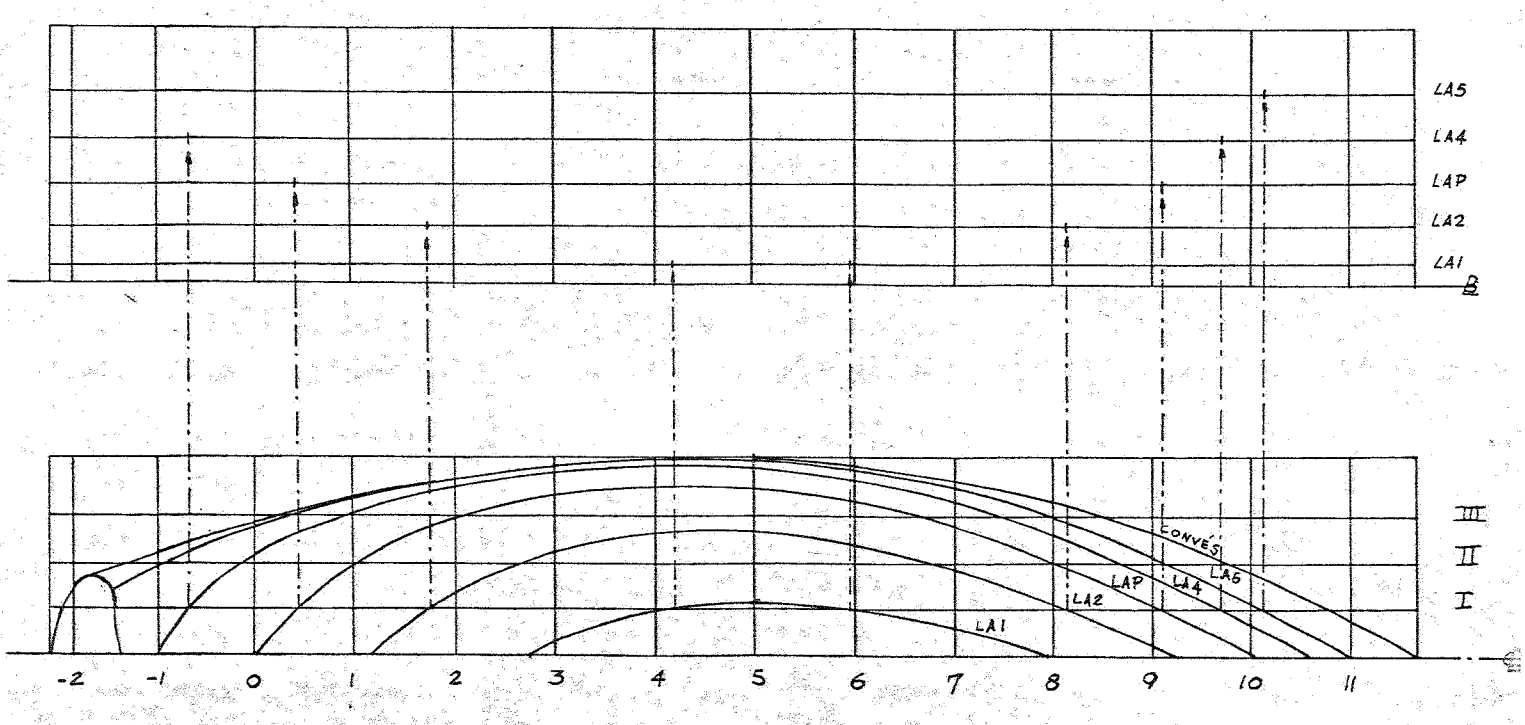


FIG 29

Todos estes pontos definirão facilmente o Plano do Alto T.

Do mesmo modo, se obtêm todos os demais Planos do Alto, sendo que para o Plano Diametral, pode-se usar os valores dados na Tabela de Cotas, e utilizados no desenho das linhas d'água, de modo a fechar os contornos de Proa e Popa.

Finalmente, resta apenas traçar a Linha do convés nas três vistas, de modo a completar o Plano de Linhas.

5. Desenho da Linha do Convés.

Temos na penúltima coluna da tabela de cotas, os valores das meias-bocas, na região do convés, para cada baliza.

Com estes valores, traçamos o convés como se fôsse uma Linha D'Água. Na última coluna da Tabela de Cotas, são dados os valores do convés em cada baliza; com estes podemos facilmente fechar os Planos de Baliza e de Linhas do Alto.

EXERCÍCIOS - VOLUME II

1. Parte Teórica.

   1.1 - Cite e explique todos os tipos de resistência.

   1.2 - Qual a influência do calado de projeto, boca e comprimento na Linha d'água de projeto, da superfície molhada, do deslocamento e do comprimento das extremidades nos diversos tipos de resistência.

   1.3 - Descreva o que você interpretou sobre a influência da forma da seção mestra nos diversos tipos de resistência e no comportamento do barco.

2. Parte Prática.

   2.1 - Utilizando a grade do exercício 2C do Volume I, desenhar o Plano de Linhas daquele veleiro, com a tabela de cotas da página 21.

NOTAS: . Envie duas cópias heliográficas do plano de linhas e duas cópias dos exercícios em xerox, para que possamos reter uma em nossos arquivos.

. Coloque nome em todas as folhas.

VOLUME III

CAPITULO 1 - PROJETANDO AS FORMAS DO CASCO

Ao iniciarmos o desenho das formas de um barco necessitamos de ter algumas dimensões e características principais já definidas. Estas são:

a) Comprimento da linha d'água de projeto-Lpp;

b) Bôca máxima - B;

c) Bôca na linha d'água - BLAP;

d) Calado - C;

e) Pontal - P;

f) Deslocamento - D.

A única maneira de definirmos essas medidas é consultando um banco de dados que contenha essas dimensões e características de barcos já construídos.

Todo projetista tem que consultar revistas especializadas que forneçam estes dados e se possível outros dados a mais como: área molhada, área vélica, etc..., e fazer o seu próprio banco de dados.

Um barco pode ter as mesmas dimensões de um outro e ser totalmente diferente nas suas formas ou no seu comportamento dentro d'água.

Não é vergonha nenhuma iniciarmos um projeto baseado em outro. Todos projetistas navais começaram assim e só a experiência, o hábito de projetar, faz diminuir esta necessida-

de, porém, mesmo assim temos que fazer uma comparação do projeto que estamos fazendo com outros já realizados para termos noção de como está ficando nosso barco.

Ao desenvolver um projeto partimos de um ou mais barcos referência, cujas características encontramos em nosso banco de dados e que mais se assemelham ao que pretendemos fazer.

No banco de dados devemos ter o máximo possível de informações, desenhos, fotos, etc... que nos ajude a estudar e desenvolver nosso projeto.

Passaremos agora a estudar os principais itens que devemos ter em nosso banco de dados.

a) Comprimento de linha d'água de projeto-LLPP (metros)

- Determina nossa velocidade máxima (Volume II).
- Determina o preço de construção. Quanto maior o barco, obviamente maior o custo de construção.
- É um dos fatores limitante no conforto a bordo. Quanto maior o comprimento maior o tamanho do barco, logo, maior conforto.

b) Comprimento total - LT (metros)

Naturalmente o comprimento total é uma consequência do L_{LPP} escolhido.

Analisando LT em conjunto com L_{LPP} temos idéia do comprimento das extremidades.

Para um barco de cruzeiro normalmente podemos adotar em princípio uma diferença entre os dois comprimentos de cerca de trinta por cento da L_{LPP} que distribuimos igualmente a

vante e a rê. (veja figura 28).

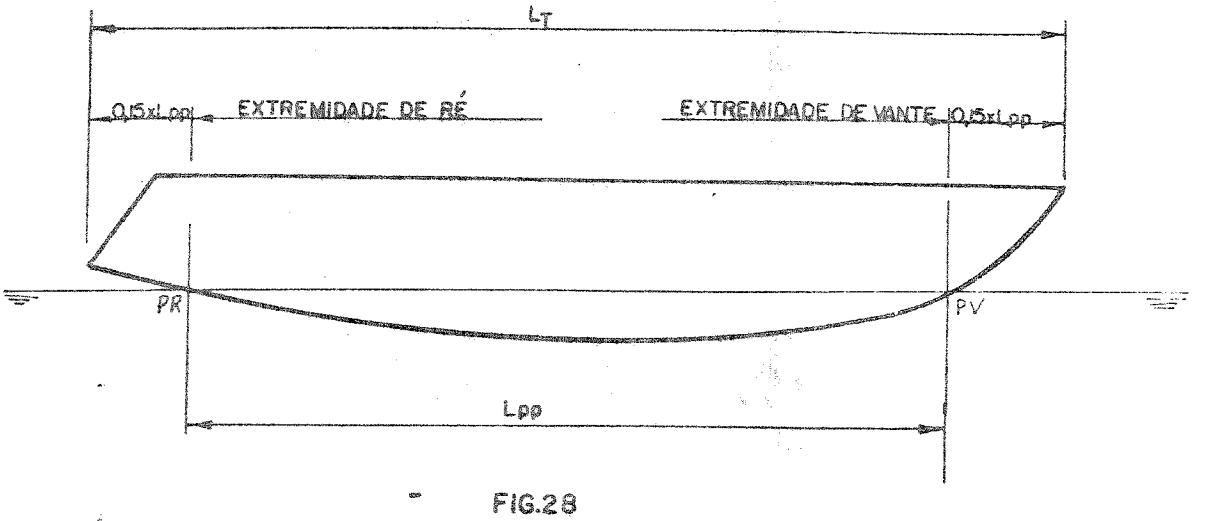


FIG.28

Naturalmente esta é uma indicação e encontramos barcos com um mínimo de extremidades como o caso de veleiros de regata influenciados pela necessidade de diminuir o pêso para obter maior velocidade e de barcos de cruzeiro influenciados pelo preço de construção.

As extremidades no entanto tem uma boa influência no desempenho de um veleiro. Como exemplos podemos citar:

1) Maior proteção contra a entrada de água no barco.

2) Um movimento mais suave quando o barco fica com um movimento oscilatório em que alternadamente a proa e a popa enterram um pouco na água. A este movimento chamamos de arfagem. A extremidade diminui este movimento devido ao seu volume que sendo maior oferece maior resistência para enterrar na água.

3) Reserva de flutuação - as extremidades sendo maiores é necessário mais peso a bordo para que o barco afunde.

No entanto barcos de deslocamento leve podem ter comprimen-

tos de extremidade menores que os de deslocamento pesado.

c) Boca máxima - B (metros)

A boca máxima tem influência direta no espaço interno do barco. No entanto existe uma dependência entre a boca máxima e a boca na linha d'agua e ao escolhermos uma boca máxima devemos analisar imediatamente a boca máxima na linha d'água de projeto.

d) Boca Máxima na linha d'água de projeto - B_{LAP} (metros)

Tem influência direta na estabilidade, na resistência de onda (volume II), no conforto interno e para um determinado deslocamento, na forma da seção transversal imersa.

- Estabilidade - Chamamos de estabilidade a propriedade do barco em resistir a forças externas que provocam banda

e) Calado - C (metros)

É importante para a dirigibilidade do barco, sendo que esta melhora com o seu aumento. Além disso um pequeno calado também acarreta uma pequena área lateral imersa e portanto induz um grande ângulo de deriva que nos traz um aumento de resistência.

f) Pontal - P (metros)

Uma vez escolhido o calado o pontal nos define a parte do casco que fica acima d'água e que denominamos de borda livre.

(veja a seguir a figura 29)

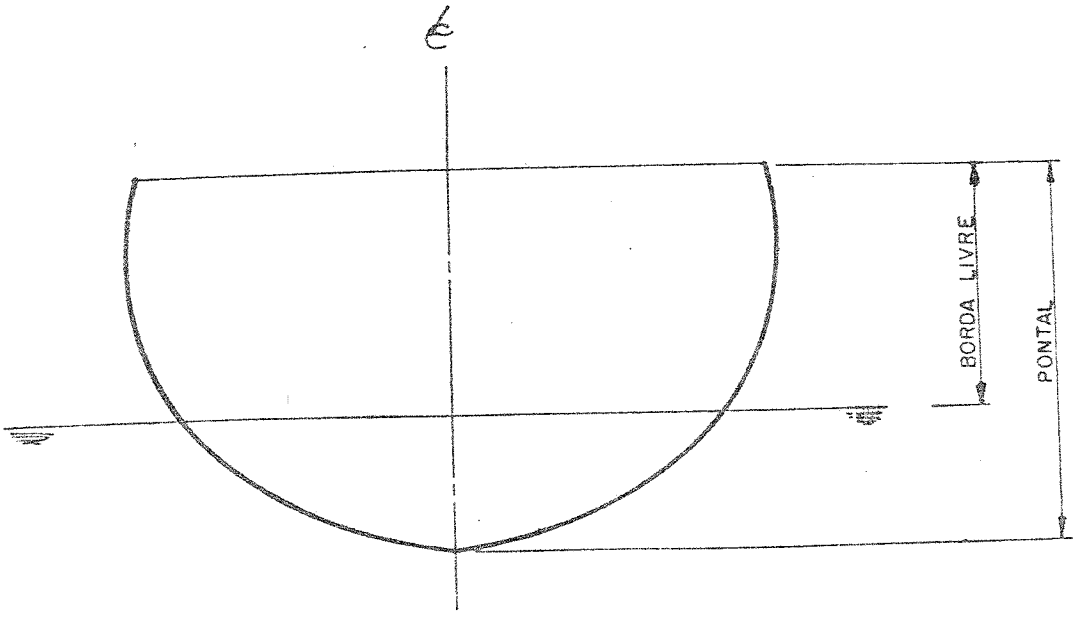


FIG. 29

A borda livre tem influência direta no ângulo máximo de banda que o barco pode ter, sem que a água chegue ao convés. Um barco com uma borda livre grande admite um ângulo de banda grande. (Veja figura 30).

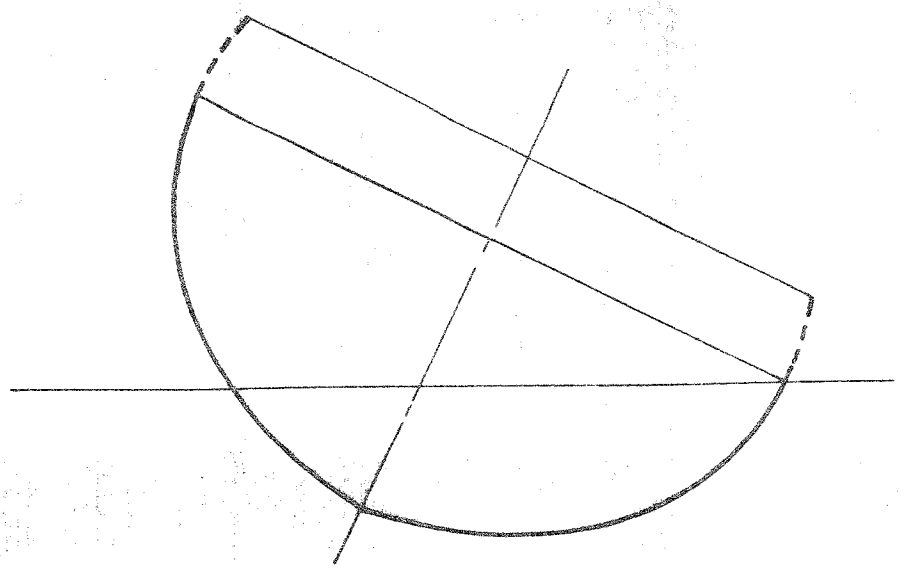


FIG. 30

Uma borda livre maior dificulta também a entrada da água no barco em movimento, quando ele estiver sem banda. Ela influi também na altura da cabine.

g) Deslocamento - D (quilogramas)

É função de todas as dimensões comentadas acima, principalmente do comprimento e também da carga e do conforto que queremos ter a bordo.

Para um mesmo L_{LPP} quanto maior for o deslocamento maior será a resistência ao avanço.

h) Área Vélica - SV (metros quadrados m^2)

É um dado importante para compararmos com os cálculos que faremos quando a forma do barco estiver desenhada e formos achar a área vélica permitida. Esse cálculo será estudado no Volume V. Como um barco pode navegar com diversos tipos de vela, consideramos como área vélica somente a vela grande e a buja.

i) Razão $\frac{L_{LPP}}{B}$

Nos indica o quanto mais estreito ou largo é um barco. Valores baixos de $L_{LPP/B}$ nos indicam que o barco é largo e valores altos indicam que o barco é estreito.

Esse parâmetro nos ajuda a verificar se as dimensões que escolhemos para a boca e comprimento são usuais ou não, comparadas com barcos semelhantes.

j) Razão $\frac{L_{LPP}}{CALADO}$

Tem a mesma função que acima porém, nos permite comparar o nosso Calado escolhido com os de outros projetos já existentes.

l) Razão $\frac{D}{(LLPP)}$ - $\left(\frac{Kg}{m}\right)$

Nos dá uma indicação se o nosso deslocamento é leve ou pesado.

Podemos comparar esta razão com a tabela 1 do Volume II e com barcos semelhantes.

m) Razão $\frac{SV}{\sqrt[3]{D^2}}$

A vela é o motor do veleiro e a sua medida de potência, equivalente ao HP do motor de combustão, é a área vélica.

Por intermédio desta razão vemos se o nosso barco tem maior ou menor potência que um outro.

Quanto maior a razão maior será a força propulsora do barco.

n) Razão $\frac{SV}{SM}$

SM é a superfície (área) molhada do barco.

Esta razão é importante para analisarmos o andamento de nosso barco com ventos leves uma vez que nesta condição a resistência de atrito é a predominante e a SM influi diretamente nela.

Quanto maior for a razão $\frac{SV}{SM}$ melhor será a velocidade do barco em baixas razões de velocidade $\frac{V}{\sqrt{L}}$.

Uma vez escolhidas as dimensões principais por intermédio de nosso banco de dados precisamos entender os conceitos sobre deslocamento, peso do barco, empuxo e centros de gravidade e de empuxo.

Já vimos que o deslocamento se refere ao peso do barco e assim é chamado porque a parte imersa do casco tem que deslocar um volume d'agua cujo peso seja igual ao peso do nosso barco.

Na figura 31 representamos o peso do barco por uma força P que está aplicada num ponto chamado de centro de gravidade CG.

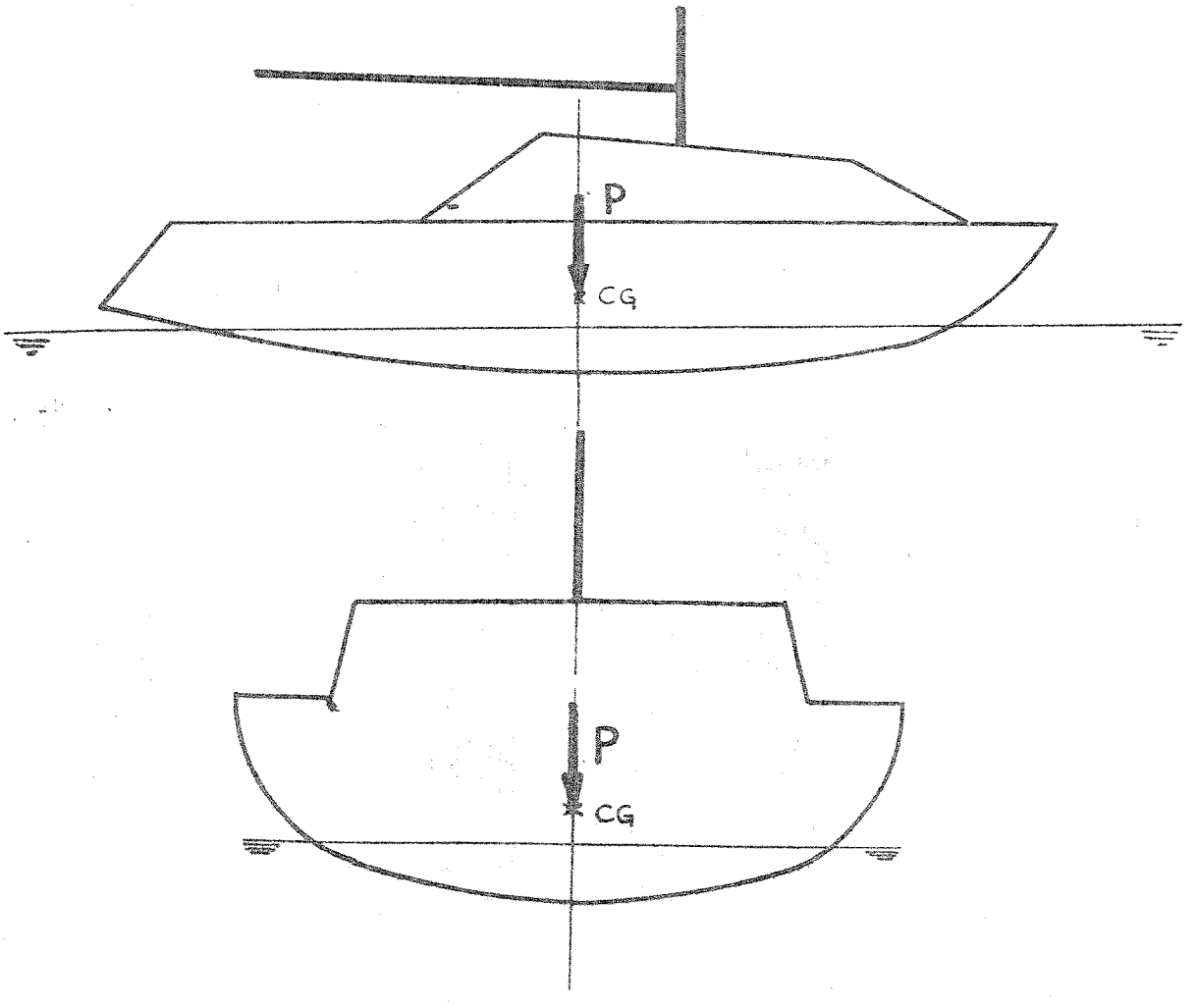


FIG.31

O que não deixa o barco afundar é outra força E que chamamos de empuxo.

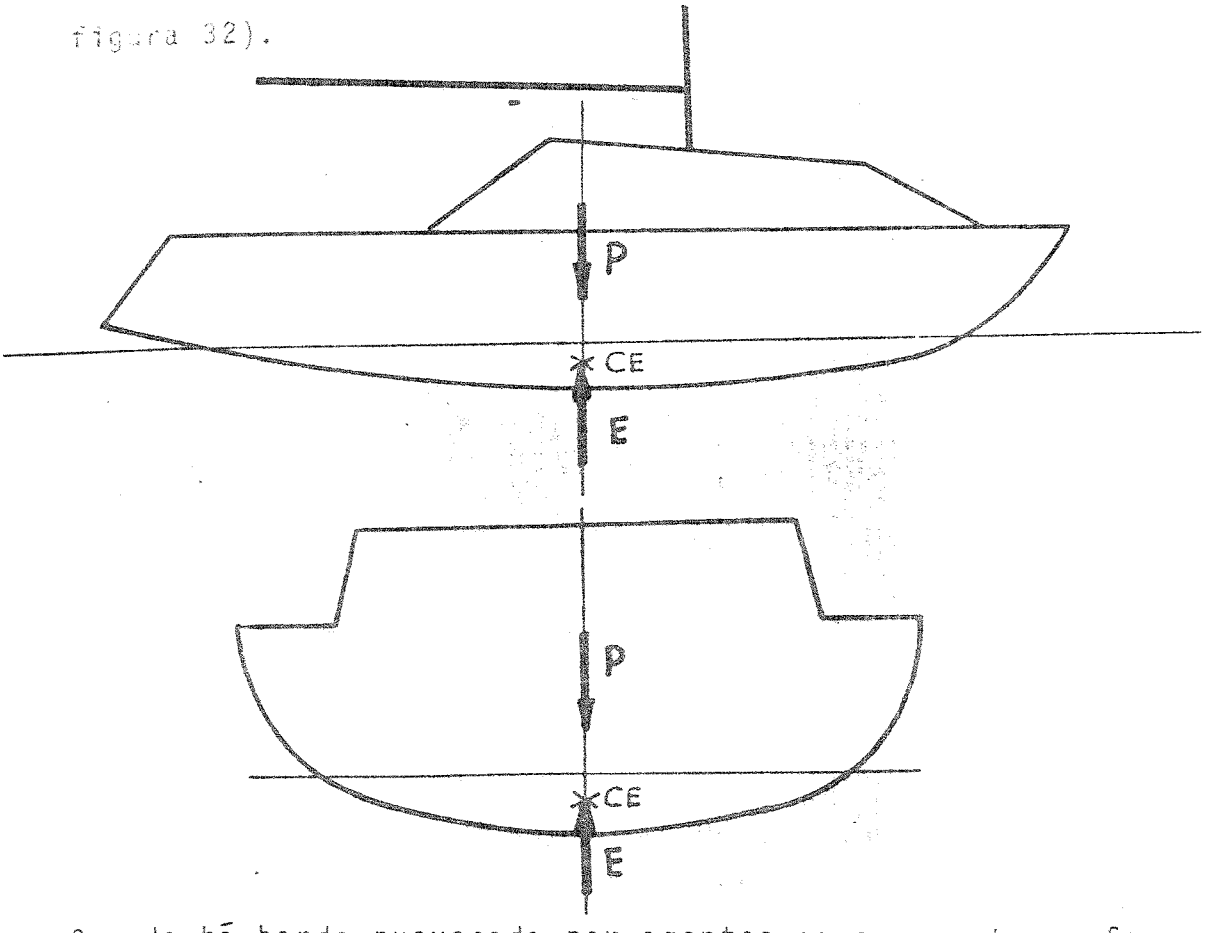
A força E é causada pela pressão da água ao longo de toda a superfície imersa do casco.

Para que a força E equilibre a força P é preciso que: E=P.

A força E é aplicada num ponto que chamamos de centro de empuxo CE.

O centro de empuxo e o centro de gravidade são facilmente calculáveis e serão estudados na parte prática dos volumes IV e V respectivamente.

Quando o barco não sofre a ação de nenhum agente que tende a lhe dar banda, como por exemplo, quando ele estiver navegando de vento em popa, o peso P o empuxo E e os centros de gravidade e empuxo têm que ficar na mesma vertical. (veja a figura 32).



Quando há banda provocada por agentes como o vento, força FVL (volume I) ou por pessoas ou pesos, as posições de P e E mudam para equilibrar o esforço deste agente.

(a seguir veja a figura 33)

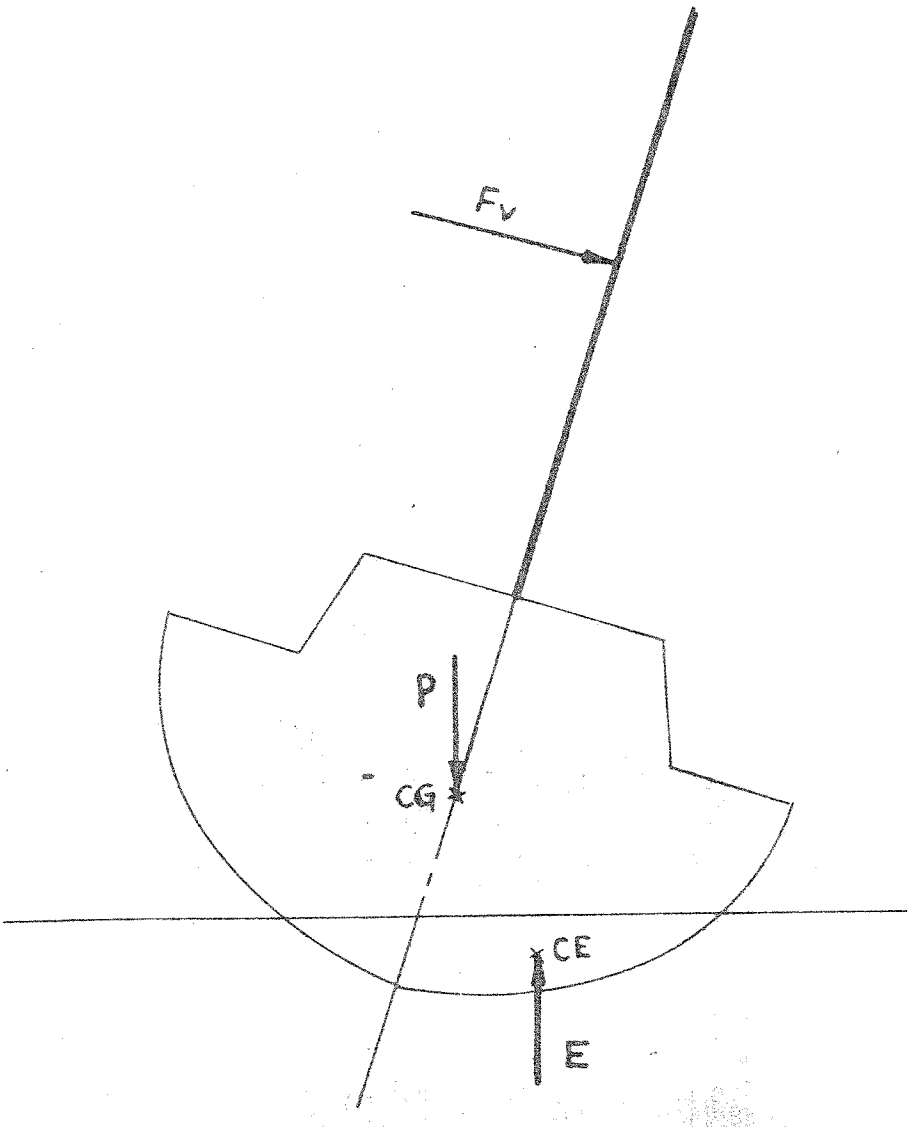


FIG. 33

Quando iniciamos o projeto de um barco a vela só ficamos preocupados em analisá-lo sem banda, isto é, iniciamos o projeto e o desenho das formas sem preocupação de agentes externos e com ele na vertical. Somente depois de desenhadas as formas é que estudamos a influência dos agentes externos (VOLUME V e VOLUME VI) e do barco com banda, podendo ser até que o resultado nos leve a abandonar as formas desenhadas e fazer outra nova.

Para acharmos o volume em metros cúbicos que precisamos ter na parte imersa do casco basta dividirmos o deslocamento que escolhemos em quilogramas por 1025 se o barco for projetado para navegar em água salgada ou 1000 se for para água doce.

Os valores 1025 e 1000 são os pesos específicos da água do mar e água doce respectivamente.

Por exemplo, para um deslocamento escolhido de 1100 Kg o volume do casco abaixo da linha d'agua tem que ser igual a 1100 : 1025 = 1,073 m^3 para água salgada ou 1100:1000=1,1m^3 para água doce.

Escolhendo o deslocamento e calculando o volume correspondente a ele o nosso próximo passo é distribuir este volume ao longo (e abaixo) de L_{pp}.

Se tomarmos a baliza 5 como referência, pois ela representa o meio de Lpp podemos distribuir este volume de três maneiras possíveis:

a) Colocando a maior parte do volume imerso avante da baliza 5.

   Esse tipo de distribuição produz um barco de formas cheias na parte de vante e finas na parte de ré. Neste caso o centro de empuxo fica avante da baliza 5 e portanto o peso do barco tem que ficar também avante da baliza 5 na mesma vertical do empuxo.

b) Colocando a maior parte do volume imerso a ré da baliza 5. Neste caso teremos um barco de formas cheias a ré e finas avante com isso teremos então o CE o CG a força P e o empuxo E a ré da baliza 5.

c) Colocando a mesma quantidade de volumes avante e a ré da baliza 5. Teremos então o CE, CG, P e E colocados na baliza 5.

   Hoje em dia só são praticamente usadas as maneiras b e c de distribuição de volumes imersos e como uma informação a mais podemos definir as maneiras de distribuição de vo

lumes b e c acima, pela posição do CE, como abaixo.

Para a maneira b o CE fica a cerca de 7% do comprimento escolhido para L_{pp}, a ré da baliza 5. Não devemos usar valores maiores que 9% de L_{pp} para não criarmos formas demasiadamente cheias a ré.

Para a maneira C o CE deve ficar na baliza 5 ou a cerca de 1% a 2% de L_{pp} a ré da baliza 5.

A figura 34, mostra as curvas de resistência ao avanço dos três tipos de distribuição de volume. Este gráfico foi feito com o resultado do ensaio em tanque de provas de três modelos de mesma superficie molhada, logo com mesma resistência de atrito e com distribuição de volumes nos três modos como foi comentado acima.

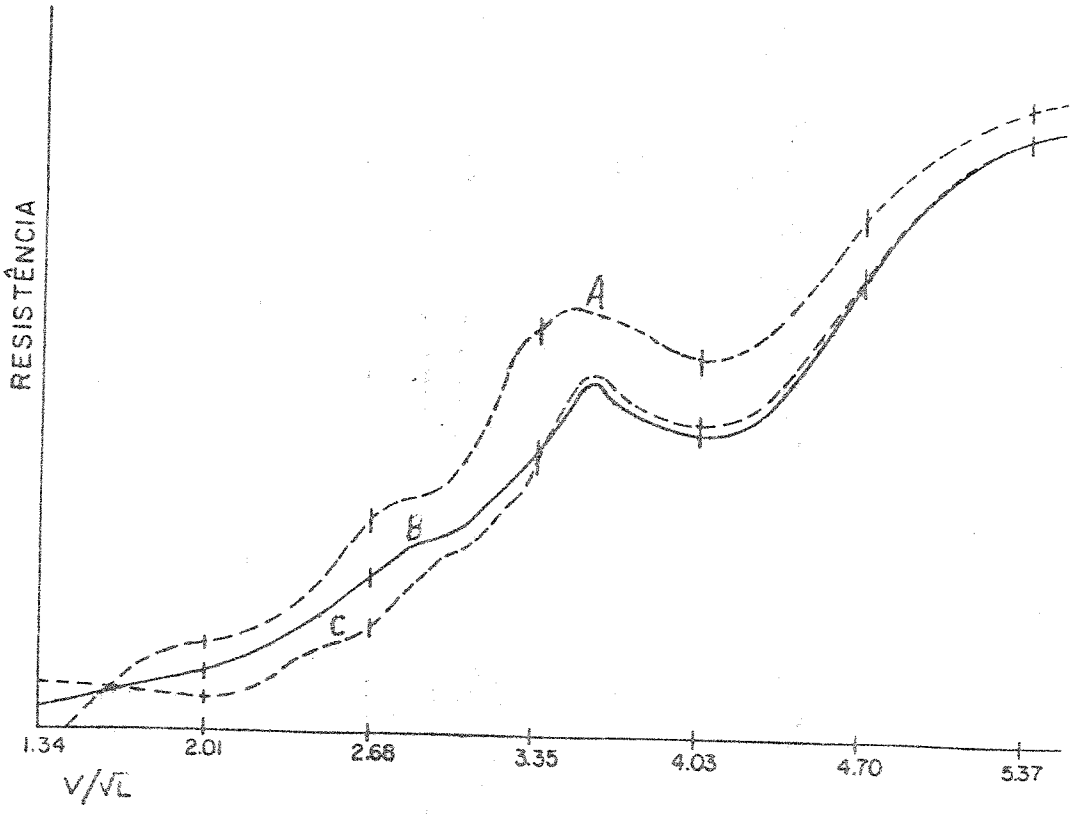


FIG. 34

O modelo A representa o barco com a maior parte do volume imerso colocado a vante da baliza 5 (caso A), o seu CE está a 6% de L_{pp} avante a baliza 5.

O modelo B tem o volume igualmente distribuído ao longo de L_{pp} e o CE está na baliza 5.

O modelo C tem maior parte do volume imerso colocado a ré da baliza 5 e seu CE está a 6% de L_{pp} a ré da baliza 5.

Vemos que com $\frac{V}{\sqrt{L}}$ entre 1,5 e 3,4 o CE mais a ré (modelo C) produz menos resistência que os outros dois tipos.

Acima de $\frac{V}{\sqrt{L}} = 3,4$ o CE na baliza 5 (modelo B) produz um pouco menos de resistência que os dois tipos de distribuição. Como possivelmente o barco deverá andar em torno de $\frac{V}{\sqrt{L}} = 3,4$ e que a vantagem do CE na baliza 5 não é demasiadamente grande acima deste valor. Os projetistas escolhem quase sempre o tipo de distribuição de volumes com a maior parte a ré da baliza 5.

Tendo escolhido as dimensões, o deslocamento e o tipo de distribuição do volume imerso do casco o nosso próximo passo é escolher a forma do contorno e a área imersa da seção mestra.

Para a escolha do contorno podemos consultar o Volume II Capítulo 2.

A área da parte imersa da seção mestra tem uma grande importância na resistência de onda.

Normalmente estudamos a influência desta área por intermédio do coeficiente prismático C_p.

Definimos C_p como:

$$C_p = \frac{\nabla}{A_{\otimes} \times L_{pp}}$$ onde:

$A_{\otimes}$ = área imersa da seção mestra

L_{pp} = comprimento de linha d'agua de projeto

∇ = volume da parte imersa do casco

Como já escolhemos ∇ e L podemos escolher a $A_{\otimes}$ estudando a influência do C_p no comportamento do barco.

Para cada velocidade de nosso barco existe um C_p ótimo que nos dá um mínimo de resistência de onda.

Abaixo mostramos uma tabela com os coeficiente prismático ótimo para cada razão de velocidade.

$V/\sqrt{L}$	C_p
2,0	0,53
2,7	0,53
3,4	0,525
3,7	0,54
4,0	0,58
4,4	0,62

O problema está em escolher qual a razão de velocidade que adotaremos como critério. De qualquer modo um coeficiente prismáti

co alto em baixas razões de velocidade é menos preocupante porque a parcela de resistencia de onda é menor que a de atrito , como podemos ver pela tabela abaixo que nos mostra as percentagens entre as resistencias de onda e atrito em cada razão de velocidade.

Tabela

$V/\sqrt{L}$	Resistência de atrito	Resistência de onda
2,7	75%	25%
3,0	70%	30%
3,4	65%	35%
3,7	51%	49%
4,0	37%	63%
4,4	26%	74%
4,7	17%	83%

Se usarmos o critério de que o barco normalmente anda em torno de $V/\sqrt{L} = 3,4$ poderemos escolher C_p em torno de 0,54. Escolhido o C_p, como já temos o volume imerso e Lpp achamos o valor de $A_{\otimes}$

O coeficiente prismático pode também ser visualizado como uma razão entre volume imerso e o volume de um prisma reto de seção igual a forma da parte imersa da seção mestra.

(veja a seguir a figura 35)

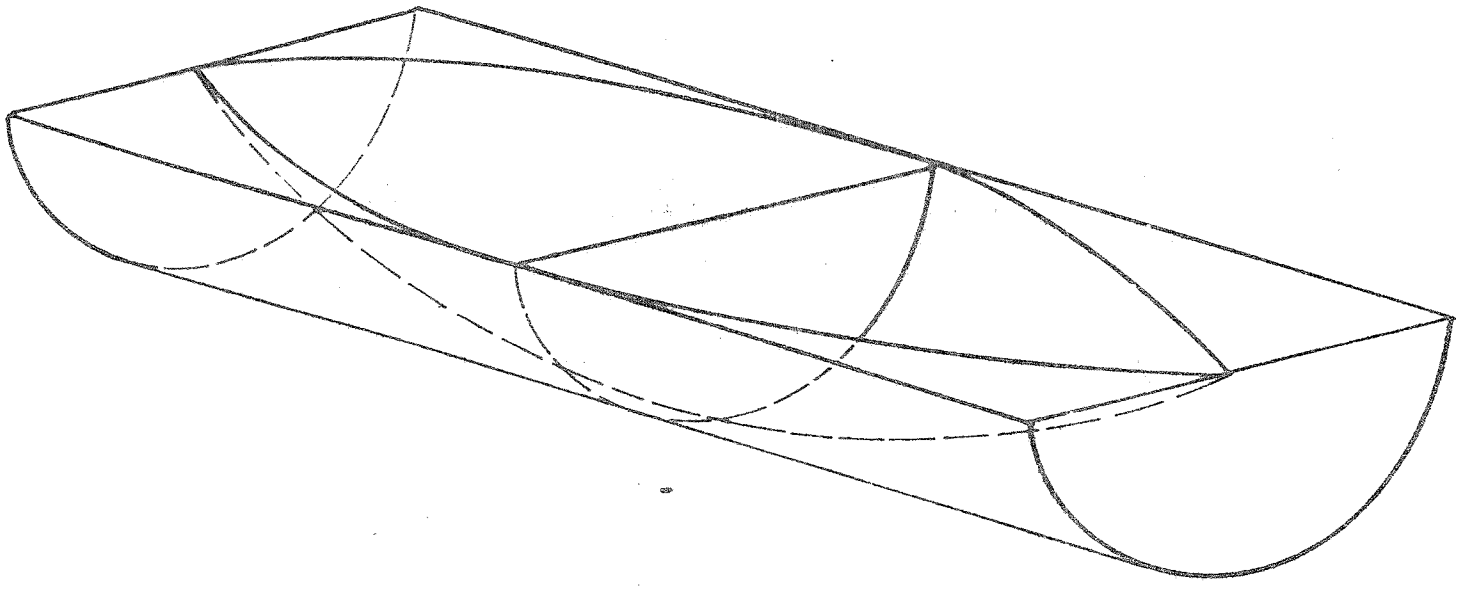


FIG. 35

Quanto maior for o volume imerso, mais ficará ocupado pelo barco este prisma e maior será o valor de C_p.

Então, escolhida a forma imersa da seção mestra poderemos desenhá-la com a área definida pelo coeficiente. Como as formas das demais seções imersas devem segui-la, a forma da parte imersa já fica definida.

Passemos agora a delinear as formas das extremidades de vante e de ré.

Devido a formação de ondas e movimento do barco devemos evitar fazer seções em forma de $\cup$ nas extremidades, formas em $\vee$ são muito melhores.

Na pôpa não devemos ter uma boca muito grande apesar de nos trazer apreciáveis vantagens tais como melhorar o conforto do Cockpit ou instalar uma cama sob ele.

Com as informações dadas até agora no nosso curso já se pode projetar as formas de um veleiro, porém o passo seguinte é verificar as qualidades do casco que geramos e isto faremos no volume V e VI.

Devemos lembrar também que sempre temos que levar em conta a distribuição interna de camas, mesas, armários, pias, etc... , que influenciam a forma do casco e da cabine. Mastros, estais, catracas e cordas igualmente influenciam a forma da cabine.

Para desenharmos a forma da cabine necessitamos somente de bom senso e ela deve atender ao conforto interno e externo além de ser responsável.por uma grande parte da aparência do barco.

Passemos agora a estudar a forma de alguns tipos particulares de barcos a vela.

O primeiro deles é o barco de pequeno calado. Normalmente é usado em rios ou baías de pequena profundidade onde o calado é um fator limitante. Com este tipo de barco é importante fazermos uma boa escolha da boca e do deslocamento para um determinado comprimento e calado previamente escolhido.

A distribuição de volume imerso que mais tem dado resultado é aquela em que colocamos a maior parte do volume a ré dando um barco de formas bem finas avante, com as linhas d'agua fazendo um pequeno ângulo de entrada e formas bem cheias a ré com o centro de empuxo a 8% do L_{pp} a ré da baliza 5. Veja figura.

Na figura 36 (página anexa) vemos o plano de linhas de um barco

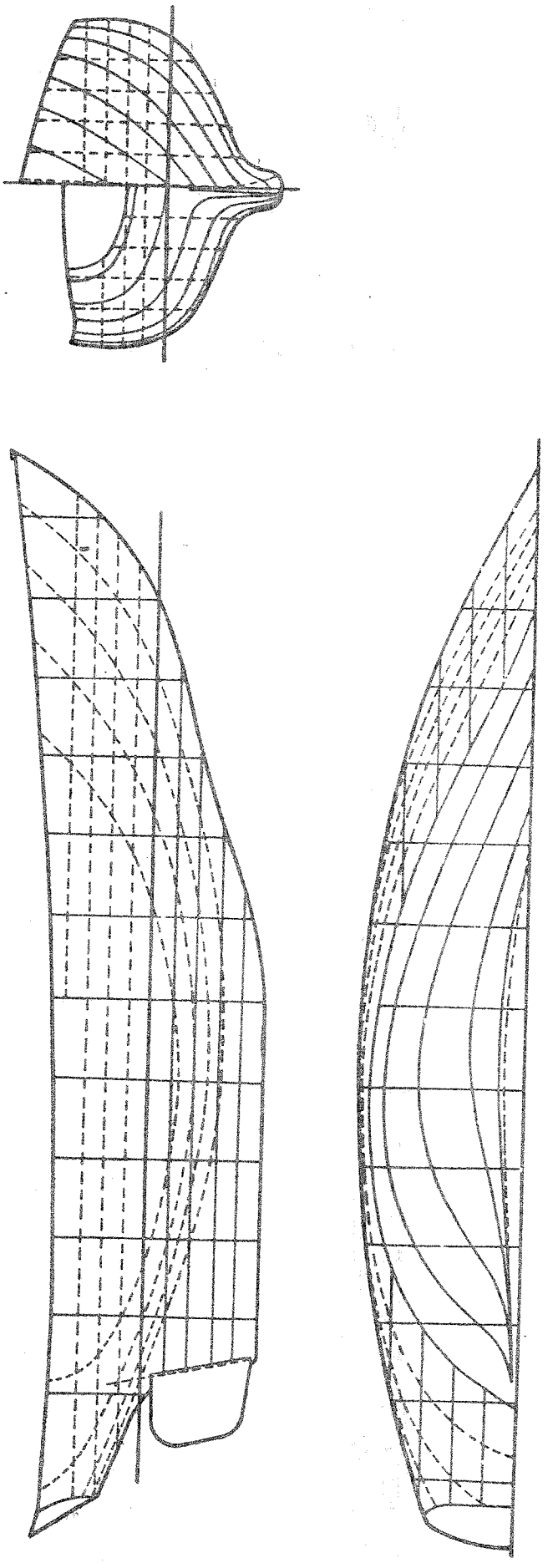


FIG. 36

de cerca de 7,5m de comprimento. Este tipo de barco foi muito difundido nos E.U.A e foi projetado pelo arquiteto naval americano A. Mason. Note a fineza das linhas de vante e o volume das mesmas a ré.

O segundo tipo é um barco que não costumamos encontrar muito facilmente, é o que tem fundo em V plano sem concordância circular com o costado na altura do bojo. Veja figura 37.

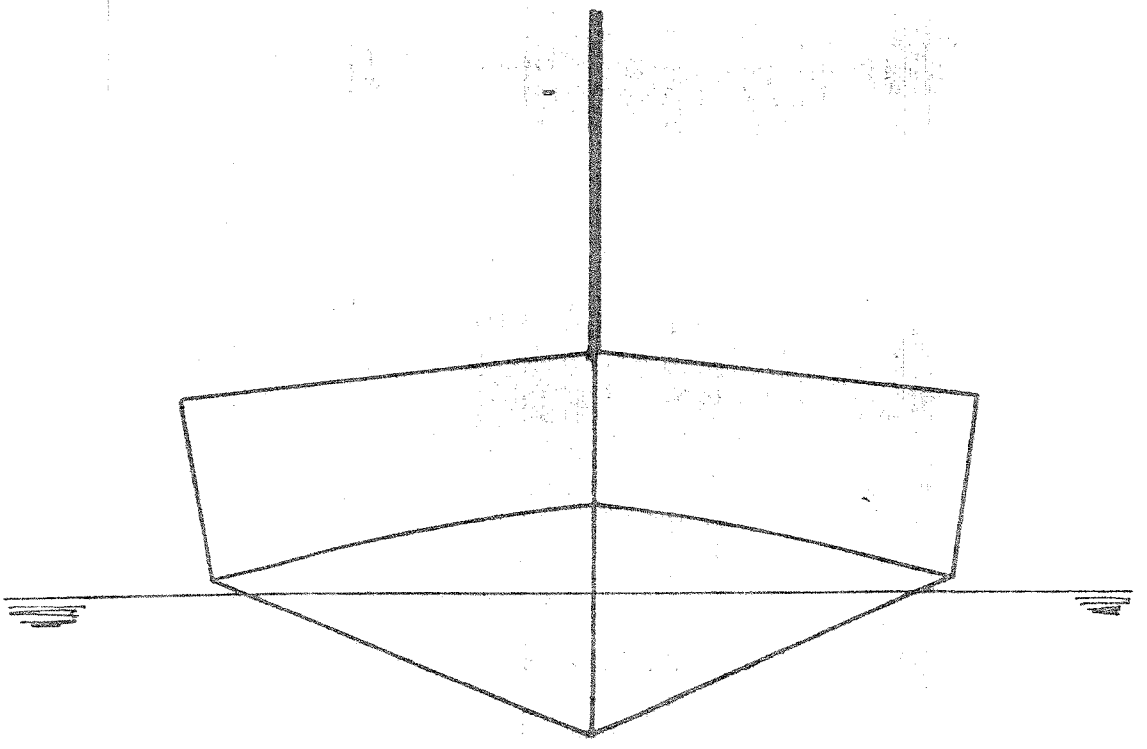


FIG.37

É usual entre os arquitetos e projetistas navais relegar este tipo de casco a um segundo plano alegando que o casco de fundo arredondado é muito melhor.

Porém foram feitos alguns testes em tanques de prova que mostraram o surpreendente resultado de que em determinadas condições o

o barco de fundo em V pode ter pelo menos um desempenho igual aos cascos arredondados.

No entanto a facilidade de construção quando usamos madeira compensada é enorme pois praticamente temos painéis quase planos transversalmente.

Para que um barco de fundo em V tenha um bom desempenho é necessário que:

a) Para um determinado comprimento, que ele tenha um deslocamento bem leve.

b) A concordância do costado com o fundo, seja, no sentido do comprimento a mais reta possível. Veja figura 38.

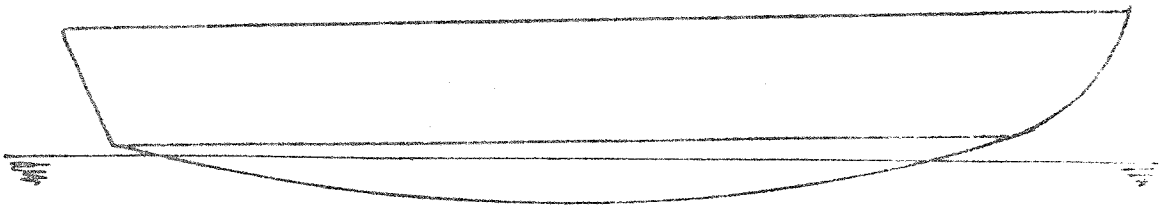


FIG.38

c) Se possível, a intercessão do fundo com o costado não deve ficar dentro d'água nas balizas do meio do comprimento do barco. No entanto em barcos de oceano com esta forma isto não é possível em virtude de termos que ter um maior deslocamento.

d) O fundo a ré deve ser somente um pouco encurvado.

e) A boca excessiva deve ser evitada.

O terceiro tipo é um derivado deste e é o que tem uma forma facetada. É o que chamamos de "multi chine". Basicamente todas as recomendações para o barco com fundo em V plano valem também para o multi chine. Veja figura 39. Uma das inconveniências deste tipo de barco é que quando navegamos com banda a linha d'água fica quebrada e o escoamento da água fica descontínuo aumentando a resistência.

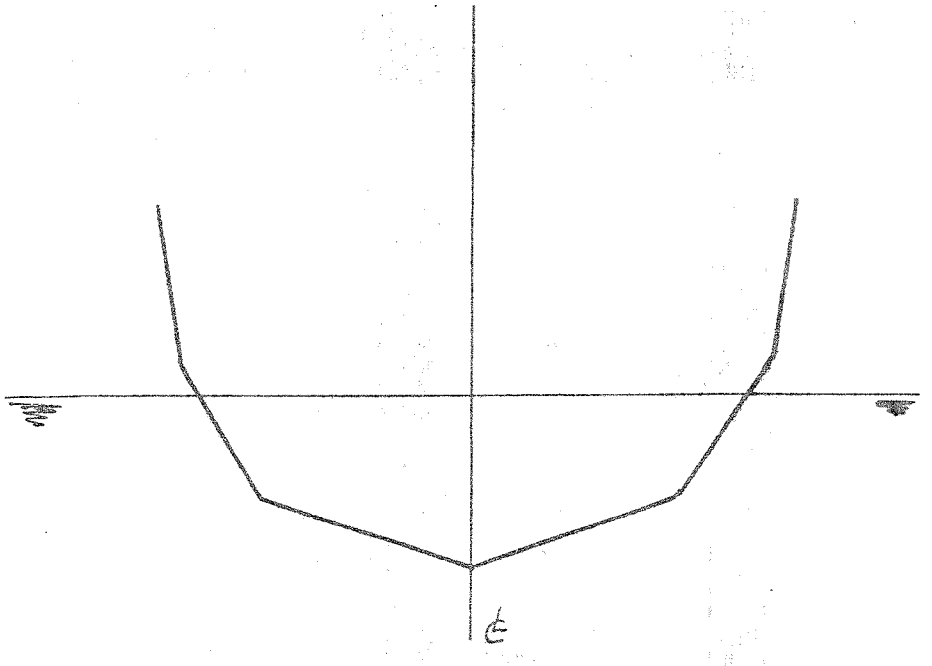


FIG.39

VOLUME III - PRÁTICA.

1) CÁLCULO DE ÁREAS.

1.1 - Introdução.

Depois de desenhadas as Linhas de bum barco, se torna necessário analisar o casco assim definido. Esta análise é feita basicamente, calculando-se a partir do Plano de Linhas, os parâmetros de forma do casco, tais como:

- Áreas de balizas.
- Linhas d'água.
- Área de superfície molhada
- Volume
- Deslocamento, etc.

Existem várias maneiras de se obter as áreas sob curvas de formas diversas. Pode se usar um aparelho chamado planímetro, que nos dá uma leitura com o valor da área desejada; pode-se dividir a figura em outras cuja área seja conhecida, como por exemplo, fazer subdivisões em quadrados e triângulos de modo a se obter um valor bem próximo do real. Entre estes vários métodos de cálculo, existem os métodos matemáticos, dos quais destacamos o método de Simpson, de integração numérica, que nos dá uma aproximação excelente do valor desejado.

1.2 - O Método de Simpson.

Para calcularmos a área sob uma curva qualquer, é necessário ter em mente algumas observações importantes:

- dividir a curva em um número par de segmentos iguais (embora existam maneiras de se utilizar número impar de segmentos).
- quanto maior o número de subdivisões, maior será a precisão no resultado. Ver figura 30.

Podemos observar na figura 30 que com a divisão em número par de segmentos, temos um número impar de valores Y_n (ordenadas) a considerar.

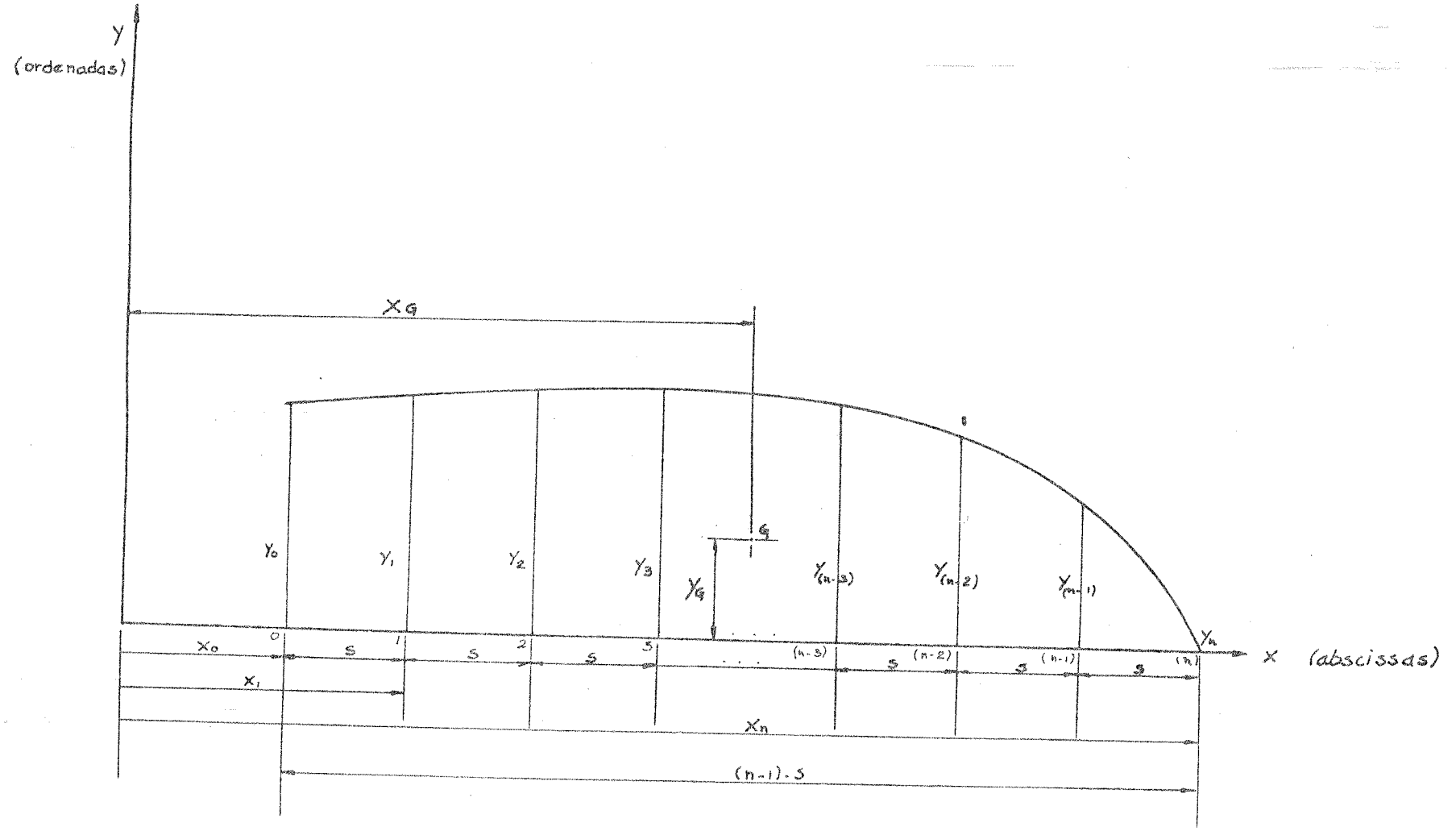

y
(ordenadas)
X_G
Y_0
Y_1
Y_2
Y_3
Y_G
G
$Y_{(n-3)}$
$Y_{(n-2)}$
$Y_{(n-1)}$
Y_n
x (abscissas)
0
1
2
3
(n-3)
(n-2)
(n-1)
(n)
X_0
X_1
X_n
s
(n-1).s

FIG. 30

A área sob a curva é obtida através da equação abaixo:

$$A = \frac{S}{3} \times \left(y_0 + 4y_1 + 2y_2 + \cdots + 2y_{(n-2)} + 4y_{(n-1)} + y_n\right)$$

E a posição longitudinal do centro de gravidade da área pela fórmula:

$$X_G = \frac{1}{A}\left[\frac{S}{3} \times \left(x_0 y_0 + 4x_1 y_1 + 2x_2 y_2 + \cdots + 2x_{(n-2)}y_{(n-2)} + 4x_{(n-1)}y_{(n-1)} + x_n y_n\right)\right]$$

Quanto à posição vertical do centro de gravidade da figura (Y_G), basta dividir cada altura Y_i por 2 multiplicar este valor pelo Y_i correspondente. Desta forma as alturas (Y_i/z) serão os braços e teremos mais uma equação como segue:

$$Y_G = \frac{1}{A}\left[\frac{S}{3} \times \left(\frac{y_0}{2} \times y_0 + 4\frac{y_1}{2} \times y_1 + 2\frac{y_2}{2} \cdot y_2 + \cdots\right.\right.$$

$$\left.\left. \cdots + 2\frac{y_{(n-2)}}{2} \cdot y_{(n-2)} + 4\frac{y_{(n-1)}}{2} \cdot y_{(n-1)} + \frac{y_n}{2} \cdot y_n\right)\right]$$

Ou de maneira mais simplificada, colocando-se o eixo Y na abcissa zero, como na Tabela 1.

A) Área da figura.

$$A = \frac{S}{3} \times \Sigma ③ \qquad (Eq.\ 1)$$

B) Centro de gravidade da área da figura.

$$M_x = \frac{S^2}{3} \times \Sigma ⑤ \qquad (Eq.\ 2)$$

$$M_y = \frac{S}{3} \times \Sigma ⑦ \qquad (Eq.\ 3)$$

$$X_G = \frac{M_x}{A}$$

$$Y_G = \frac{M_y}{A}$$

COLUNAS							
ABSCISSA	1	2	3	4	5	6	7
	Ms	Y_i	Ms x Y_i	BRAÇO	COL ④ x COL ③	$Y_{i/2}$	COL ⑥ x COL ③
0	1	Y_0	Y_0	0	0	$Y_0/2$	$0,5(Y_0)^2$
1	4	Y_1	$4Y_1$	1	$4Y_1$	$Y_1/2$	$2(Y_1)^2$
2	2	Y_2	$2Y_2$	2	$4Y_2$	$Y_2/2$	$(Y_2)^2$
3	4	Y_3	$4Y_3$	3	$12Y_3$	$Y_3/2$	$2(Y_3)^2$
n-3	4	Y_{n-3}	$4Y_{n-3}$	n-3	$4(n-3)Y_{n-3}$	$\frac{Y_{n-3}}{2}$	$2(Y_{n-3})^2$
n-2	2	Y_{n-2}	$2Y_{n-2}$	n-2	$2(n-2)Y_{n-2}$	$\frac{Y_{n-2}}{2}$	$(Y_{n-2})^2$
n-1	4	Y_{n-1}	$4Y_{n-1}$	n-1	$4(n-1)Y_{n-1}$	$\frac{Y_{n-1}}{2}$	$2(Y_{n-1})^2$
n	1	Y_n	Y_n	n	nY_n	$\frac{Y_n}{2}$	$0,5(Y_n)^2$
Σ			Σ ③		Σ ⑤		Σ ⑦

NOTAS:

— Σ ③ é a soma dos valores da coluna 3.

— Σ ⑤ é a soma dos valores da coluna 5.

— Σ ⑦ é a soma dos valores da coluna 7.

1.2 - Aplicação.

1) Cálculo de áreas de balizas.

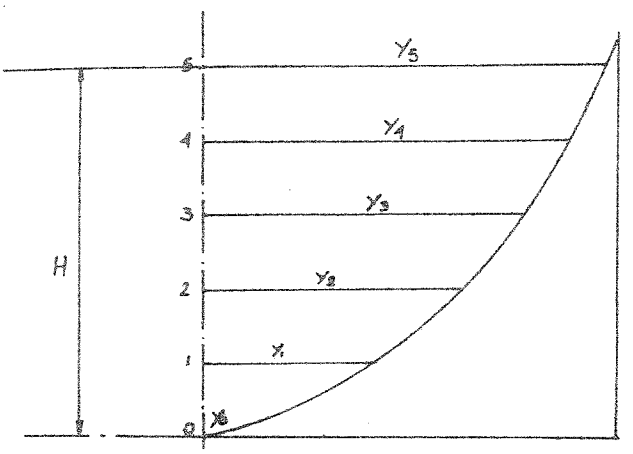


FIG. 31

Obs.: Como estamos usando meia baliza, a área será obtida como abaixo:

$$A = 2 \times \frac{5}{3} \times \Sigma ③$$

Do mesmo modo, a equação 2 ficará:

$$M = 2 \times \frac{5^2}{3} \times \Sigma ⑤$$

E a posição vertical do centro de gravidade da baliza, H_G, será obtida como abaixo:

$$H_G = \frac{M}{A}$$

Exemplo resolvido:

Cálculo da área da baliza 5 até o calado 1,20 m do veleiro do Capítulo II.

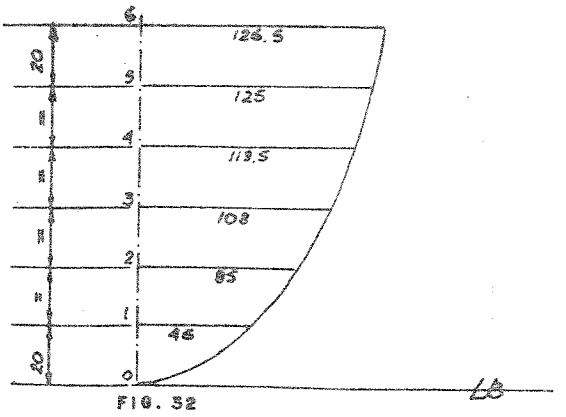


FIG. 32

Deve-se passar os valores das dimensões acima de cm para m, de modo a se obter o valor da área em m^2.

COLUNAS					
ABSCISSA	1	2	3	4	5
	M.S.	Y_i	Ms x Yi	Braço	Col (4) x Col (3)
0	1	0,	0	0	0
1	4	0,46	1,84	1	1,84
2	2	0,85	1,7	2	3,4
3	4	1,08	4,32	3	12,96
4	2	1,195	2,39	4	9,56
5	4	1,25	5,00	5	25,0
6	1	1,265	1,265	6	7,59
			16,515		60,35

AREA (Eq. 1)

$$A = 2 \times \frac{0,2}{3} \times 16,515$$

$$A = 2,20\ m^2$$

Equação 2

$$M = 2 \times \frac{(0,2)^2}{3} \times 60,35$$

$$M = 1,609$$

Posição vertical do centro de gravidade da baliza:

$$H_G = \frac{1,609}{2,20}$$

$H_G = 0,731$ m (medido a partir da linha de base).

4. ÁREA LATERAL SUBMERSA E CENTRO DE GRAVIDADE DESTA ÁREA.

a) Casco:

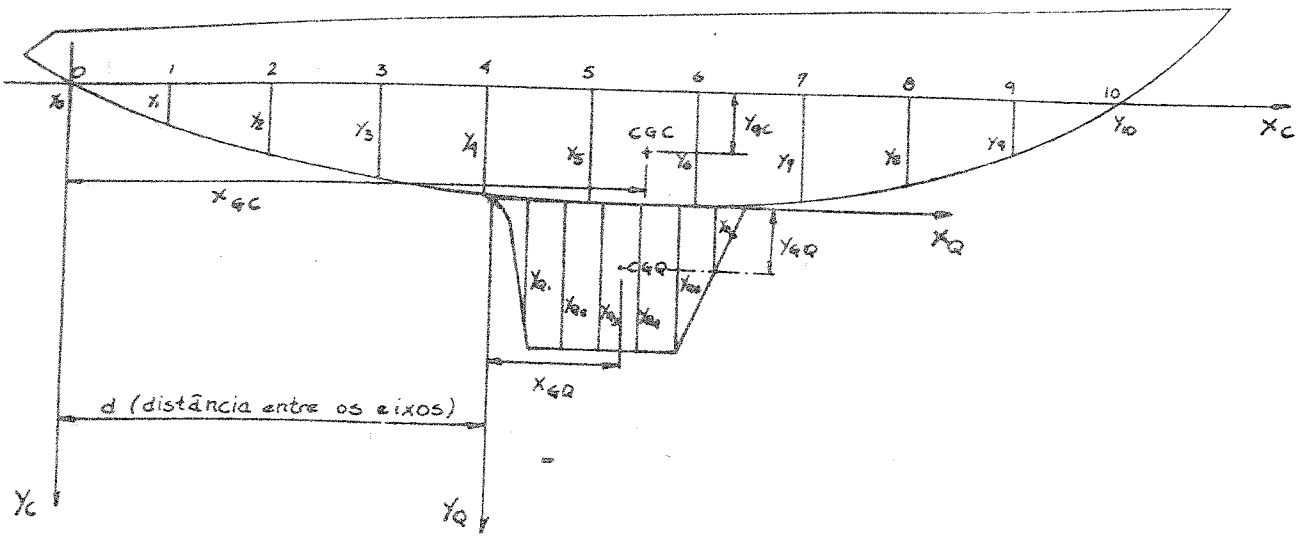


FIG. 33

A posição do centro de gravidade da área lateral do casco fica definida se conhecermos os valores de X_{GC} e Y_{GC}. Para se obter X_{GC}, devemos medir os valores das alturas Y_i e utilizar a Tabela 1, sendo S o espaçamento entre as balizas. Desta forma temos:

$$A_C = \frac{S}{3} \times \Sigma ③$$ (área do casco)

$$M = \frac{S^2}{3} \times \Sigma ⑤$$

$$X_{CG} = \frac{M}{A}$$ (posição longitudinal do CG da área do casco)

Quanto à posição vertical do centro de gravidade do casco (Y_{CG}), devemos tomar as meias alturas (Y_i/z) e proceder ao cálculo das colunas 6 e 7 da Tabela de Cálculo, utilizando S do cálculo anterior.

$$M_y = \frac{S}{3} \times \Sigma ⑦$$

$$Y_{CG} = \frac{My}{A}$$

Sendo que Y_{CG} é medido em relação ao eixo X, isto é, ao calado de projeto.

b) Quilha.

Repetir o processo acima, dividindo o comprimento total da quilha em um número par de segmentos. Desta forma, devemos construir uma tabela semelhante à anterior, onde o eixo de referência passa pelo ponto mais a ré da quilha (como mostrado na Figura 33). Com isso, a posição longitudinal do C_{GQ} se referirá a este eixo. Quanto à posição vertical do C_{GQ}, será obtida de maneira análoga à da C_{GQ}, dividindo-se as alturas Y_{QI} por 2 e construindo as duas últimas colunas da tabela de cálculo. Devemos notar que a posição vertical do C_{GQ} se referirá ao eixo horizontal que passa pelo fundo do casco.

c) Do Conjunto casco-quilha.

O valor da área lateral submersa é obtido pela simples adição dos valores da área do casco (AC) e da área da quilha (AQ).

$$A_{TOTAL} = A_C + A_Q.$$

A posição do centro de gravidade da área total é obtida fazendo-se a composição das áreas parciais.como abaixo:

a) Posição longitudinal em relação ao eixo de referência do conjunto (Y_C).

X_{CGA} - posição longitudinal do centro de gravidade do área lateral submersa.

X_{GC} - posição longitudinal do centro de gravidade do casco.

A_C - área lateral do casco.

X_{CQ} - posição longitudinal do centro de gravidade da quilha em relação ao eixo (Y_Q) da quilha.

A_Q - área lateral da quilha.

d - distância entre os eixos de referência Y_C e Y_Q.

$$Y_{CGA} = \frac{A_C \times X_{GC} + A_Q (d + X_{GQ})}{(A_C + A_Q)}$$

b) Posição vertical em relação ao eixo horizontal de referência do conjunto (X_C).

Y_{CGA} = posição vertical do centro de gravidade da área lateral submersa.

H = distância entre os eixos de referência X_C e X_Q.

Y_{GQ} = posição vertical do centro de gravidade da quilha em relação ao eixo (X_Q) da quilha.

$$Y_{CGA} = \frac{Ac \times Ygc + AQ\,(H + Y_{GQ})}{(Ac + AQ)}$$

2. CÁLCULO DE ÁREAS DE LINHAS D'ÁGUA.

É feito de modo análogo ao de áreas de balizas, utilizando-se apenas as meia bocas, multiplicando-se por dois as equações 1 e 2, obtendo-se assim, a área da LA e a posição longitudinal do centro de gravidade da linha d'água.

3. CÁLCULO DA ÁREA DE SUPERFÍCIE MOLHADA - SM

Primeiramente deve-se retificar cada baliza tomando o seu comprimento com o auxílio de uma linha ou barbante fino, medido até o calado de projeto.

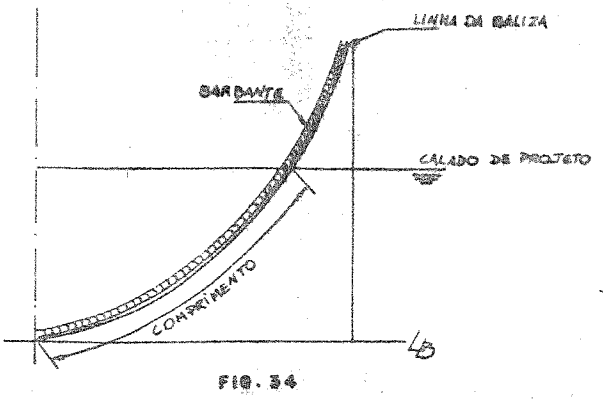


FIG. 34

Depois, marcando-se estes comprimentos com relação a uma linha de base, obteríamos uma figura como a seguir

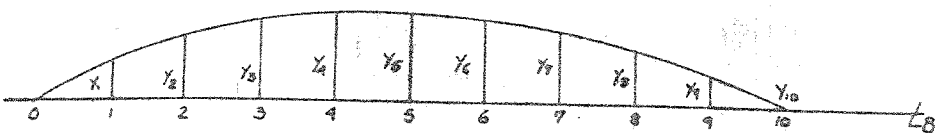


FIG. 35

Utilizando-se a Tabela 1, multiplicada por dois, obtemos a área da superfície molhada (Eq. 1).

5. ÁREA VÉLICA - SV

Para o cálculo da área vélica, usamos a equação da área de triângulos.

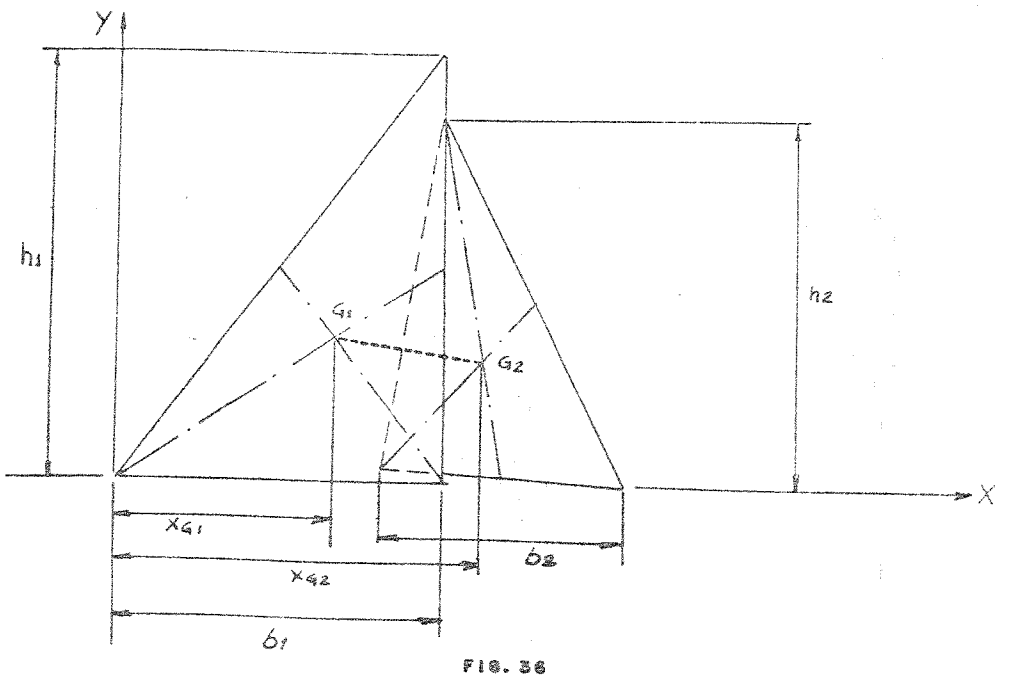


FIG. 36

onde, b é a base e h a altura do triângulo equivalente.

A posição dos centros de gravidade de cada vela pode ser obtida graficamente, traçando-se as mediatrizes dos triângulos, de modo que na interseção delas fica definido o centro de gravidade de cada triângulo.

O centro de gravidade do conjunto, ficará sobre a reta que liga os dois centros de gravidade G e G_2, sendo Y o eixo de referência, a partir do qual serão medidos os X_{G1} e $X_{G}2$, como cal-

culado abaixo

Área da vela maior:

$$A_1 = \frac{b_1 \times h_1}{2}$$

Área da vela menor:

$$A_2 = \frac{b_2 \times h_2}{2}$$

Posição longitudinal do centro de gravidade do conjunto:

$$X_{GC} = \frac{A_1 X_{G1} + A_2 \cdot X_{G2}}{(A_1 + A_2)}$$

A QUILHA

1 . CONCEITOS BÁSICOS .

O princípio de funcionamento da quilha, da vela e do leme é o mesmo.

Ele consiste básicamente, na passagem de um fluido, no caso a água e o ar, por um corpo de forma especial, assimétrica, gerando uma força.

No Volume I chamamos esta força na vela de F_V, no conjunto quilha/ casco chamamos de F_C e no leme F_L. Naturalmente a intensidade destas forças dependem da velocidade do fluido e da forma do corpo e usualmente explicamos por intermédio da Fig. 40 o que ocorre.

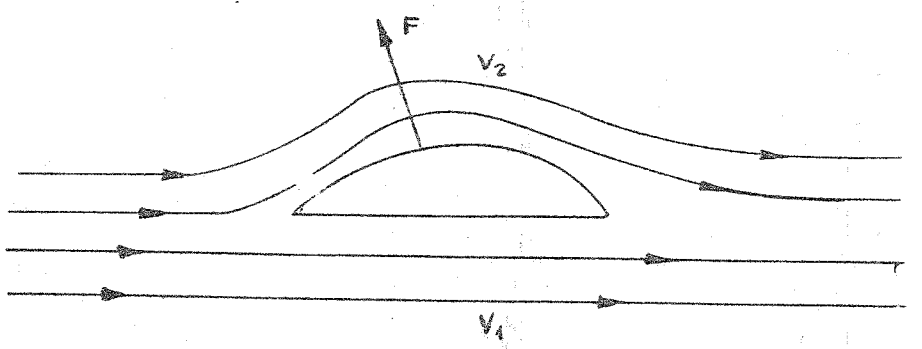


FIG. 40

Nela indicamos o corpo com uma forma assimétrica especial (tipo asa de avião) e a passagem do fluido é representada pelas linhas com setas. O fluido encontrando o corpo assume, naturalmente, velocidades diferentes em cada lado do corpo, indicadas por V_1 e V_2.

Se medirmos V_1 e V_2 verificaremos que a velocidade V_2 é maior que V_1 ocasionando um lado de baixa pressão (lado de V_2) e um lado de alta pressão (lado de V_1). Devido a esta diferença de pressão entre os dois lados surge a força F, que tende a mover o corpo na direção de F. Esta direção é

função da forma do corpo.

Verificamos então que para surgir F_V é necessário que o fabricante das velas corte os panos de tal forma que ela assuma uma forma parecida com a da figura 40.

Na figura 41 é mostrado a aplicação deste princípio numa vela.

Se o barco fosse composto só da vela e do casco, sem a quilha, ele seguiria a direção de F_V fazendo um ângulo com a direção do vento.

O uso da quilha foi originado da necessidade de se diminuir o ângulo α para que as embarcações consiguissem andar contra o vento com mais eficiência.

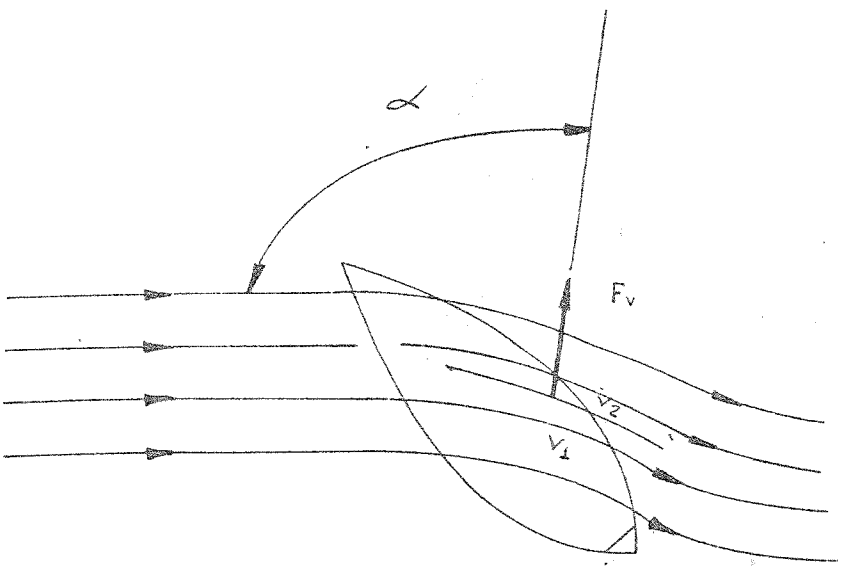


FIG 41

Normalmente a quilha tem uma forma simétrica em relação ao seu eixo longitudinal, para que quando o veleiro estiver navegando de vento em popa não surja nenhuma força lateral pois F_V nesta condição estará dirigida no mesmo sentido do vento com $F_{VL} = 0$, dai não necessitar o veleiro da quilha.

Em catamarans e barcos de duas quilhas as quilhas podem ter formas assimétricas pois as forças produzidas por elas, quando de vento em popa, se anularão.

Para que a quilha simétrica desenvolva uma força F_Q é necessário que ela assuma um ângulo de ataque ou de deriva para que o fluido, a água, encontre uma forma assimétrica. Veja a fig. 42.

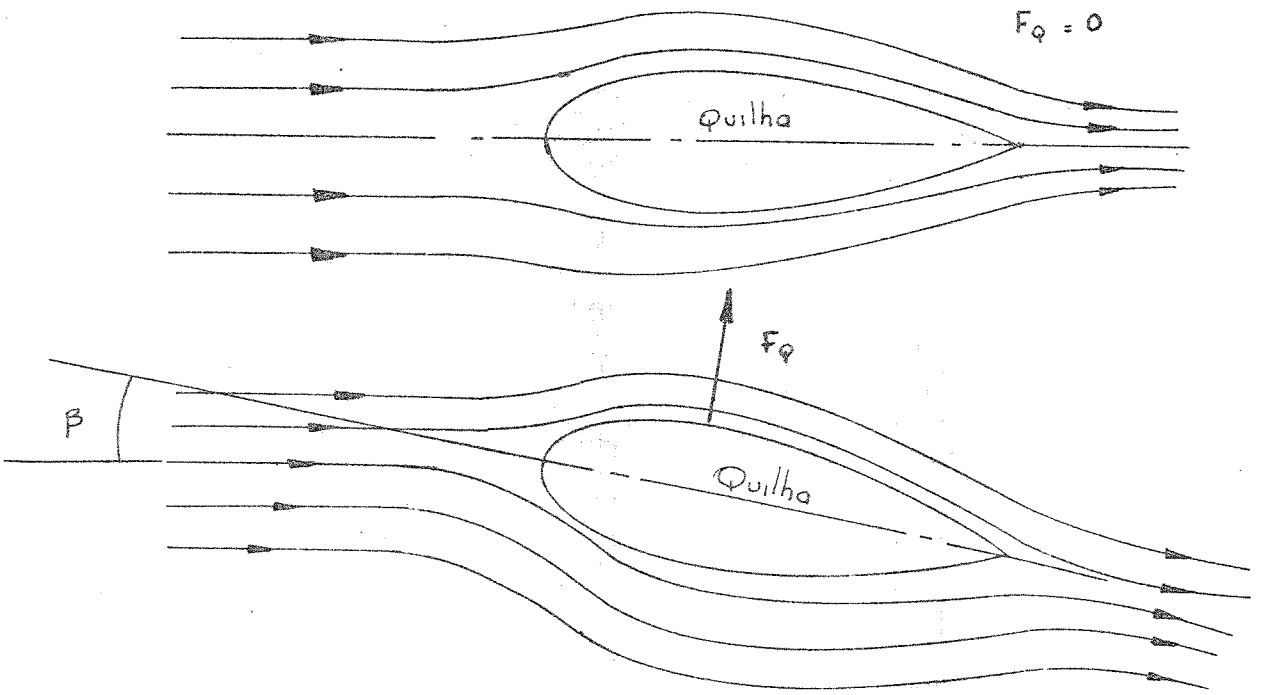


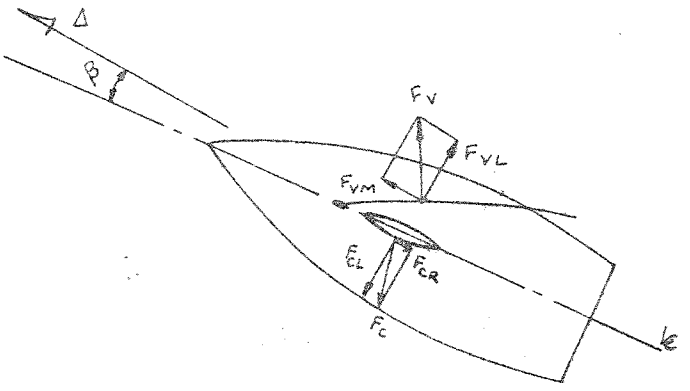
FIG 42

Entendida a finalidade da vela e da quilha analizemos agora por intermédio da figura 43 o conjunto das forças atuando na vela e na quilha para compreendermos o funcionamento do conjunto, levando-se em conta que a força F_C é igual a F_Q mais uma parcela devido a ação do plano lateral do casco.

Podemos verificar pelo gráfico das forças F_V e F_C que F_{CL} anula F_{VL} fazendo que o barco ande sómente na direção de F_{VM}. Infelizmente a quilha produz uma componente F_{CR} na direção contrária a F_{VM}, implicando que a

força final seja a diferença entre F_{VM} e F_{CR}.

Como quem mais contribui para produzir F_C é a quilha devemos ter muito cuidado ao projetá-la.



$F_{VL} = F_{CL}$

$F_{VM} - F_{CR} = F_{força\ util}$

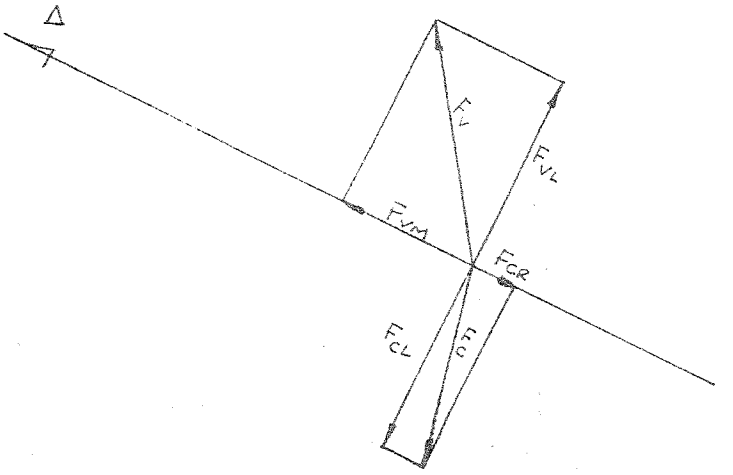


FIG 43

2 . DADOS PARA PROJETO .

Cinco fatores influenciam o projeto da quilha.

a) Razão de aspecto - R.A.

$$\therefore \quad RA = \frac{H^2}{A_{LQ}}$$

H = altura da quilha.

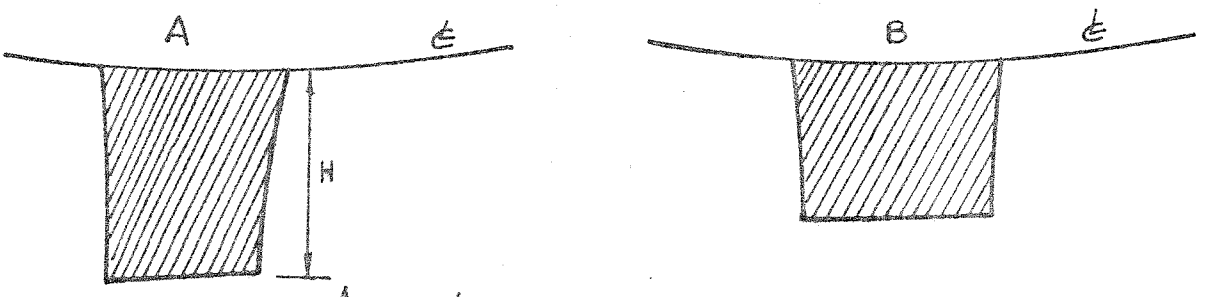
A_{LQ} = área lateral da quilha.

Quanto maior for R.A. mais eficiente será a quilha, dando uma menor F_{CR} e precisando de um menor ângulo de deriva, diminuindo a resistência devido ao ângulo de deriva.

b) Área lateral da quilha - A_{LQ}

Ao projetarmos uma quilha temos que provê-la de uma área suficiente para que consiga gerar uma F_{QL} que equilibre F_{VL} a um ângulo de deriva (ângulo de ataque).

Devemos procurar sempre aumentar a altura da quilha, ao invés da largura quando necessitamos aumentar a área lateral. Veja a Fig. 44. Para obtermos a mesma F_{QL} a quilha A, com maior RA, precisa menos área que a B. A quilha B gera mais F_{CR} que A, devido ter uma menor razão de aspecto.



A_{LQ} = ÁREA ACHURADA

FIG 44

Damos a seguir uma indicação da área lateral da quilha, baseada na experiência, que devemos usar em nossos projetos de acordo com o comprimento entre perpendiculares do barco que iremos projetar.

$L_{PP(m)}$	A_{LQ} (m^2)
5	0,5
6	1,0
7	1.5
8	2,0
9	2,5
10	3.0
11	3.6
12	4,2
13	4,6
14	5,0
15	5,4
16	5,8
17	6,2

c) Seção Longitudinal da quilha.

Por meio de experiências conclui-se que quilhas com a forma indicada na Figura 45 tem mais eficiência que as chatas, sem forma longitudinal.

Um perfil que tem dado bons resultados é o que tem uma espessura de 6% da largura da quilha colocada a cerca de 35% da largura a partir da extremidade de vante.

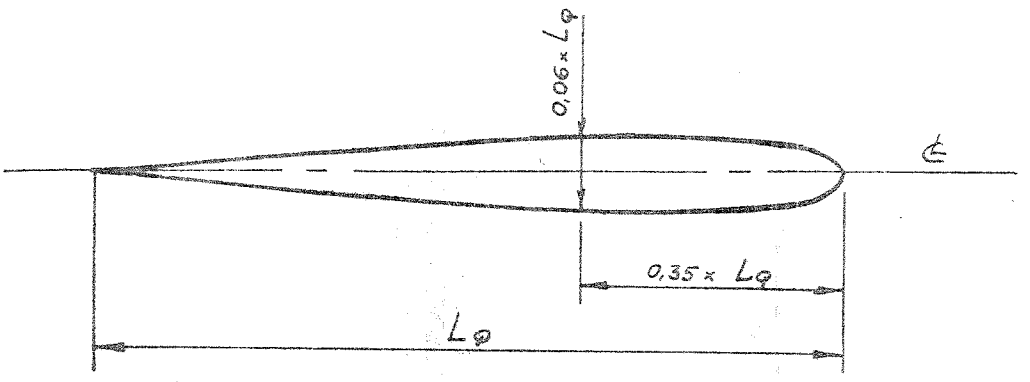


FIG 45

d) Forma do bordo de ataque.

Dentre as formas do bordo de ataque a que melhor resultado tem dado é a parabólica. Na Figura 46 temos o modo de desenhar um bordo de ataque com forma parabólica.

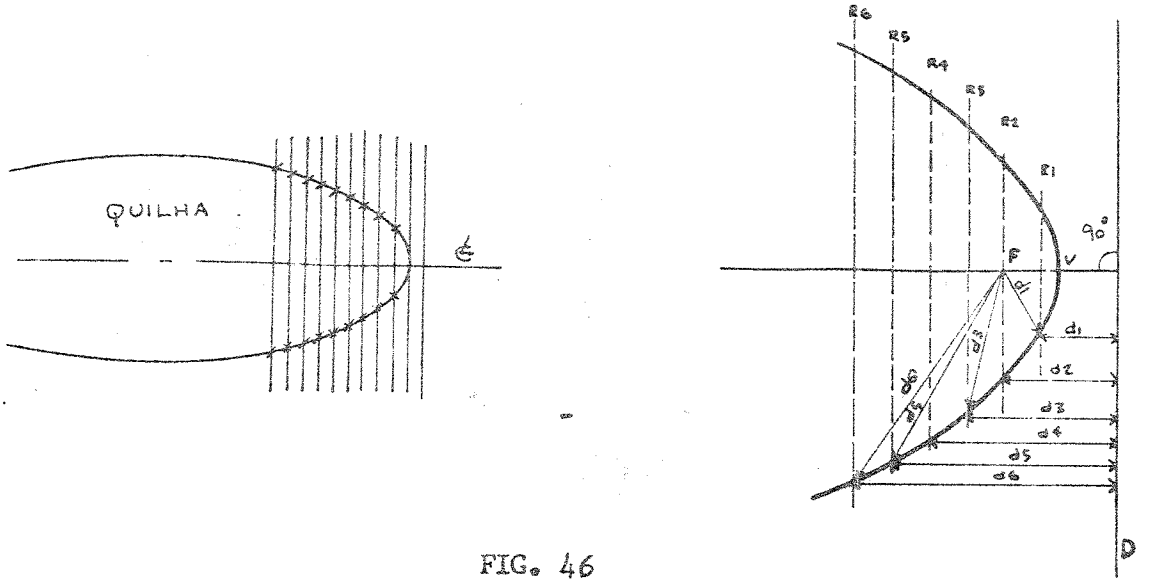


FIG. 46

e) Ângulo lateral.

Se marcarmos na base superior e inferior da quilha um ponto correspondente a 1/4 (um quarto) de seus comprimentos respectivos a partir da parte de vante e os unir, teremos uma reta que fará um determinado ângulo com a vertical, que chamamos de ângulo lateral da quilha. Veja a Fig. 47 .

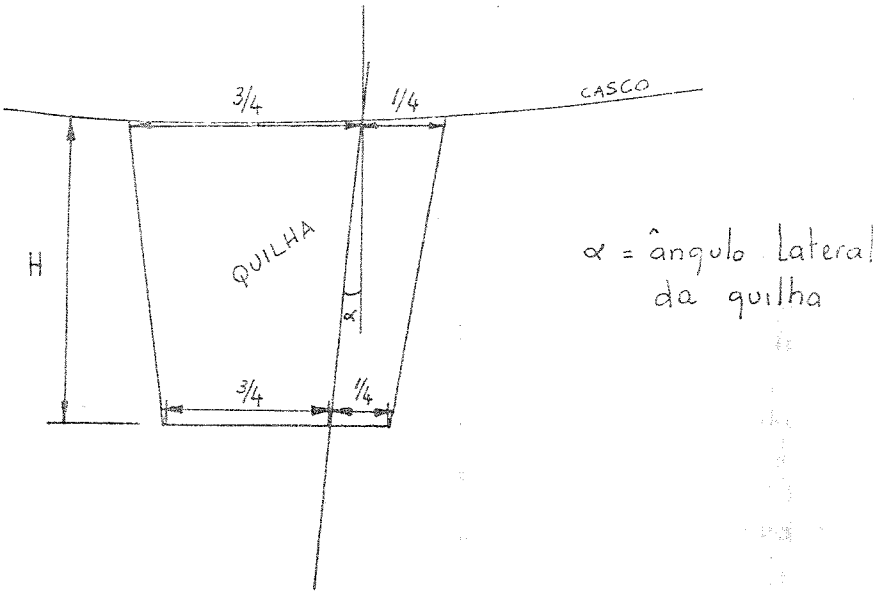


FIG 47

Para cada razão de aspecto existe um ângulo lateral ótimo. A tabela abaixo nos dá o melhor ângulo lateral para cada razão de aspecto.

R.A.	Ângulo lateral
0,573	50°
0,600	47°
0,700	37°
0,800	29°
0,900	22°
1,000	16°
1,100	11°
1,200	7°
1,300	4,5°
1,400	- 2°
1,500	0,5°
1,520	0°

Se definirmos a profundidade da quilha podemos projetá-la seguindo os seguintes passos:

1° - Com L_{PP} escolhemos a área lateral da quilha.

2° - Com a área lateral e sua profundidade calculamos sua razão de aspecto e sua largura.

3° - Com a razão de aspecto achamos o ângulo lateral ótimo.

3 . POSIÇÃO DA QUILHA .

É fundamental para a dirigibilidade do barco um bom posicionamento da quilha.

Este posicionamento é feito em função do posicionamento da vela.

Para que F_V e F_C não produzam um desequilíbrio no sentido transversal ao movimento, acarretando com isso uma grande força no leme, F_L, devemos ter o ponto de aplicação de F_C bem abaixo do ponto de aplicação de F_V.

Na Figura 48 chamamos de centro de esforço, CEV, o ponto de aplicação

de F_V e do centro lateral de resistência, CLR, ao ponto de aplicação de F_C e vemos que temos o CLR abaixo de CEV.

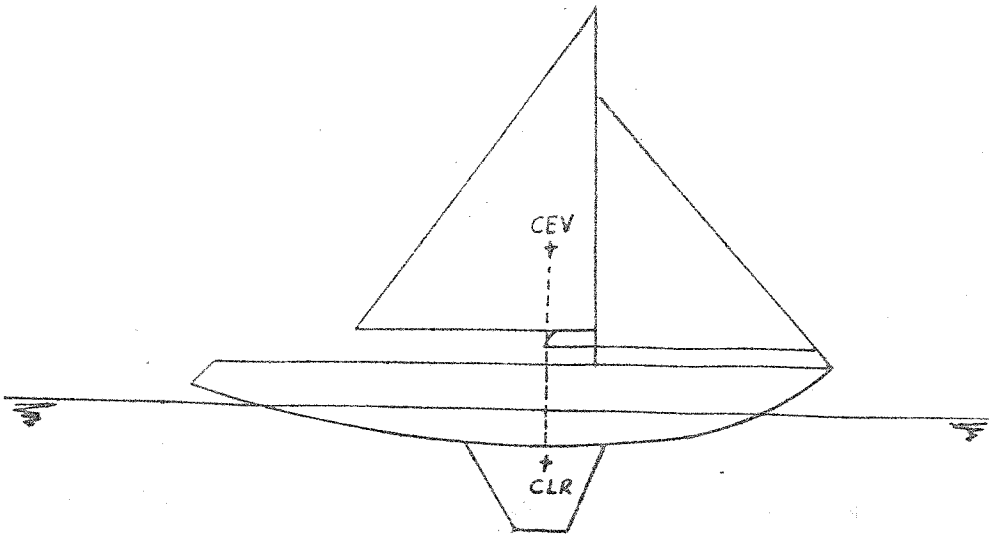


FIG. 48

FIG. 48

Como não se consegue calcular a verdadeira posição de CEV e CLR, usualmente calcula-se o centro de gravidade da área vélica assumindo que seja esta a posição da CEV e que o centro de gravidade da área lateral imersa corresponda ao CLR (veja Volume III parte prática, para o cálculo destes centros).

Quando achamos CEV e CLR deste modo, colocamos o CEV de 6 a 15% de L_{PP} avante de CLR. Veja Figura 49.

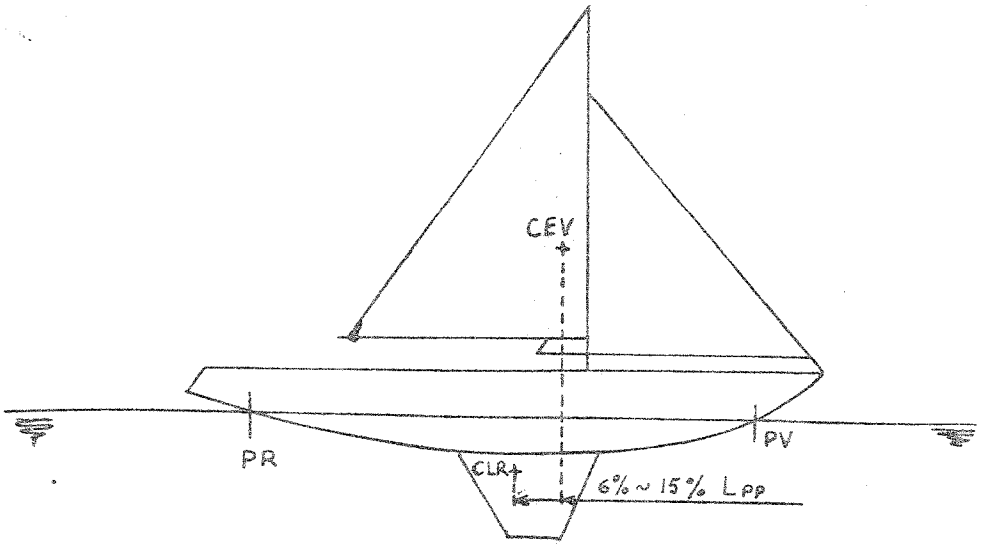


FIG. 49

PROJETO DO LEME.

Analizemos a figura 49-A, em que mostramos todas as forças agindo no leme, no conjunto casco/quilha, e na vela, de um veleiro em movimento.

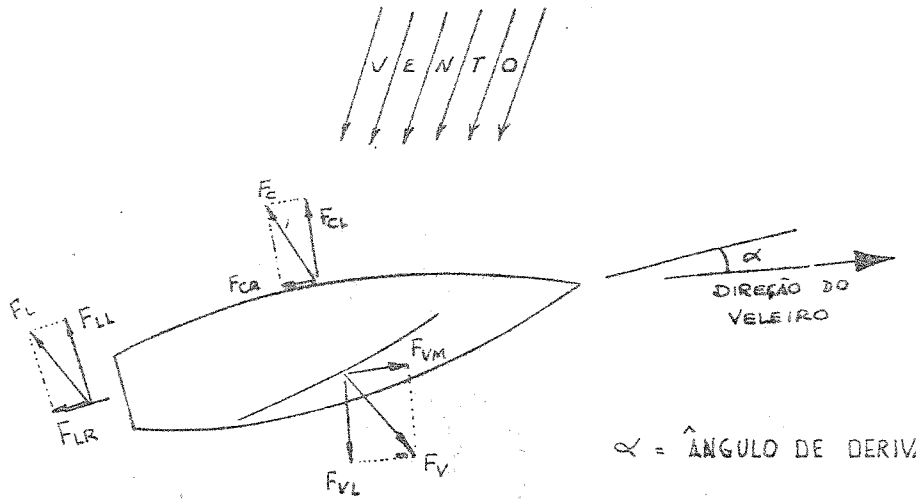


FIG 49 A

Normalmente as forças F_c e F_v não estão na mesma vertical e por isto o veleiro tende a dar a proa ao vento ou a favor do vento, de acordo com a posição relativa das duas.

Se F_v estiver a rê de F_c o barco dará a proa ao vento, se estiver a vante o barco virará a favor do vento.

Podemos verificar bem este efeito em windsurf.

A prancha à vela não tem leme, somente vela e quilha. O rumo é dado pela posição da vela, que é totalmente móvel.

Quando queremos ir à favor do vento, inclinamos a vela para frente, quando queremos ir contra o vento colocamos a vela para trás.

Como a posição da quilha não muda, F_c continua sempre no mesmo ponto e F_v é colocada a vante ou a rê de F_c, obrigando com isso a prancha ir à favor do vento ou contra (orçando).

No barco à vela, tanto a vela como a quilha são fixos e cabe ao leme equilibrar as duas forças quando o barco estiver numa rota fixa, ou desequilibrar quando queremos mudar a rota.

Vemos então que a função do leme é criar uma força lateral F_{LL} capaz de compor com F_{VL} e F_{CL} um conjunto ora em equilíbrio (rota fixa) ora em desequilíbrio (manobra).

Infelizmente a força do leme F_L gera também uma resistente ao avanço do barco, F_{LR}.

Cabe ao projetista criar um leme que produza uma grande F_{LL} com uma pequena F_{LR}.

Foi verificado que alguns parâmetros exercem grande influência no projeto de um leme.

São eles:

1) área lateral do leme.
2) razão de aspecto.
3) forma da seção transversal (perfil do leme).

Normalmente o leme deve ter cerca de 9% a 11% da área lateral imersa (casco e quilha) e sua razão de aspecto deve ficar entre 2 e 4.

Definimos a razão de aspecto (RA) como:

$$RA = \frac{H^2}{\text{área lateral do leme}}$$

A forma da seção transversal pode ser igual a da quilha.

Vejamos a figura 49-B que representa dois lemes, seus eixos de comando e suas canas. O leme A tem menos área lateral que B, porém produz a mesma F_L devido a sua maior razão de aspecto.

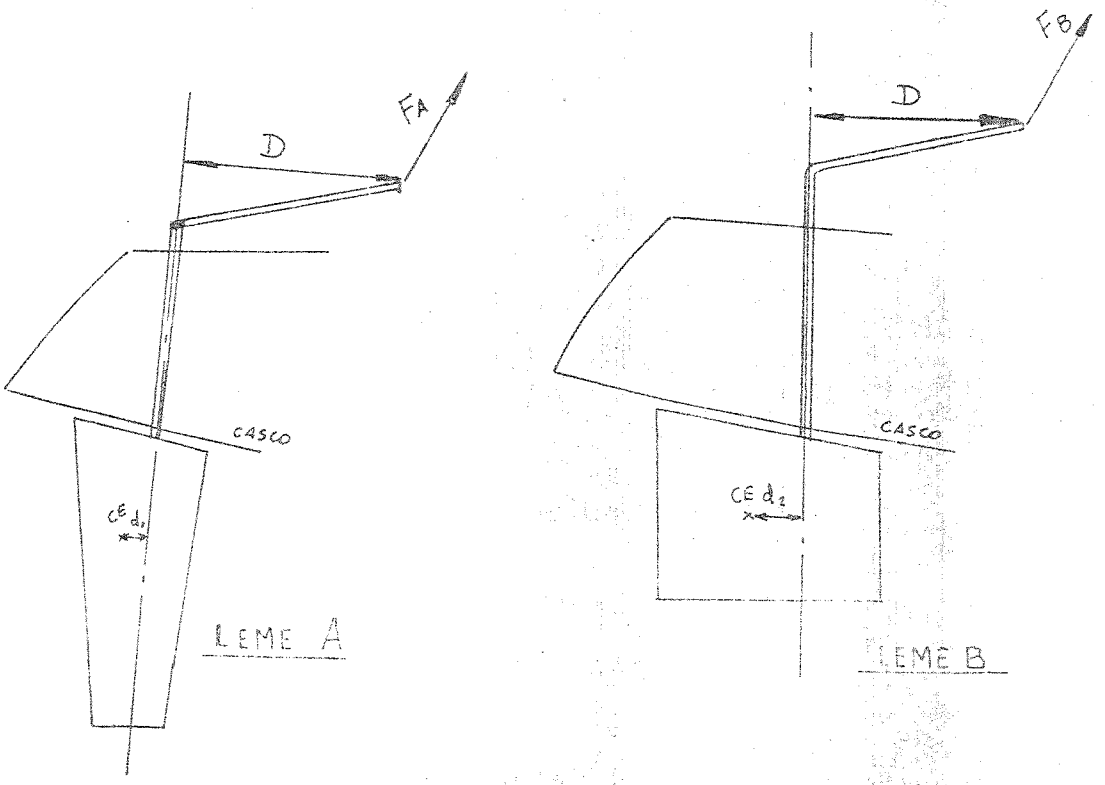


FIG 49 - B

O leme A é mais estreito que o leme B; com isso seu centro de esforço, local onde é aplicado F_L, fica mais próximo do eixo que o de B.

Isso significa que para virarmos o leme necessitamos de menos força na cana de A que na de B e podemos verificar isto pelas equações de equilíbrio do leme:

$$\text{Leme A: } F_L \times d_1 = F_A \times D$$

$$\text{Leme B: } F_L \times d_2 = F_B \times D$$

No primeiro membro das equações o maior valor é o de B pois F_L é o mesmo para A e B e d_2 é maior que d_1.

Como no segundo membro D é igual para ambos, verificamos que FB tem que ser maior que F_A pois o primeiro membro de B é maior do que A.

Este fato aumenta a importância da razão de aspecto maior, pois os lemes com esta característica necessitam de menor esforço na cana.

Um meio de diminuirmos o esforço na cana é usarmos um skeg que nada mais é que uma parte do leme fixa no casco; veja a figura 49-C, pois a área móvel, que é controlada pela cana, fica diminuida.

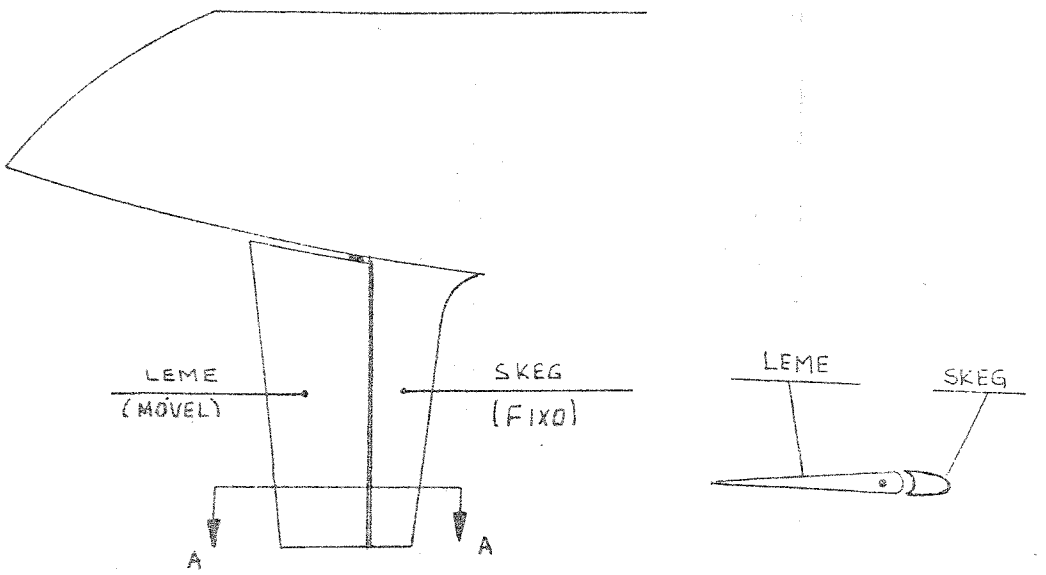


FIG. 49C

No entanto, a área lateral do skeg não deve ter mais de 25% da área lateral do leme senão prejudicará a intensidade de F_L.

O skeg tem também a propriedade de aumentar F_L para um determinado leme. Isto é, para dois lemes iguais, formará maior F_L o que tiver skeg naturalmente se o skeg não tiver área maior que 25% da área do leme.

DADOS ÚTEIS

1. UNIDADES.

Tendo em vista o grande número de publicações em inglês com boas informações para colocarmos no banco de dados, listamos abaixo uma série de fatores que facilitam a passagem das unidades do sistema inglês para o sistema métrico.

PARA COVERTER	MULTIPLIQUE POR	PARA OBTER
Polegada (in)	25,4	milímetros (mm)
Pé (ft)	304,8	milímetros (mm)
Milha náutica	1,853	kilometro
Polegada quadrada (in^2)	6,452	centímetro quadrado (cm^2)
Pé quadrado (ft^2)	0,0929	metro quadrado (m^2)
Pé cúbico (ft^3)	0,0283	metro cúbico (m^3)
Galões (gallons)	3,7854	litros (l)
Libra (pounds, lb)	0,4536	kilogramas (kg)
Nós (knots)	1,853	kilometro por hora (km/h)
$V/\sqrt{L}$ {(V em nós) (L em pés)	3,357	$V/\sqrt{L}$ {(V em km/h) (L em m)

Exemplo: transformar 5,6 knots em km/h.

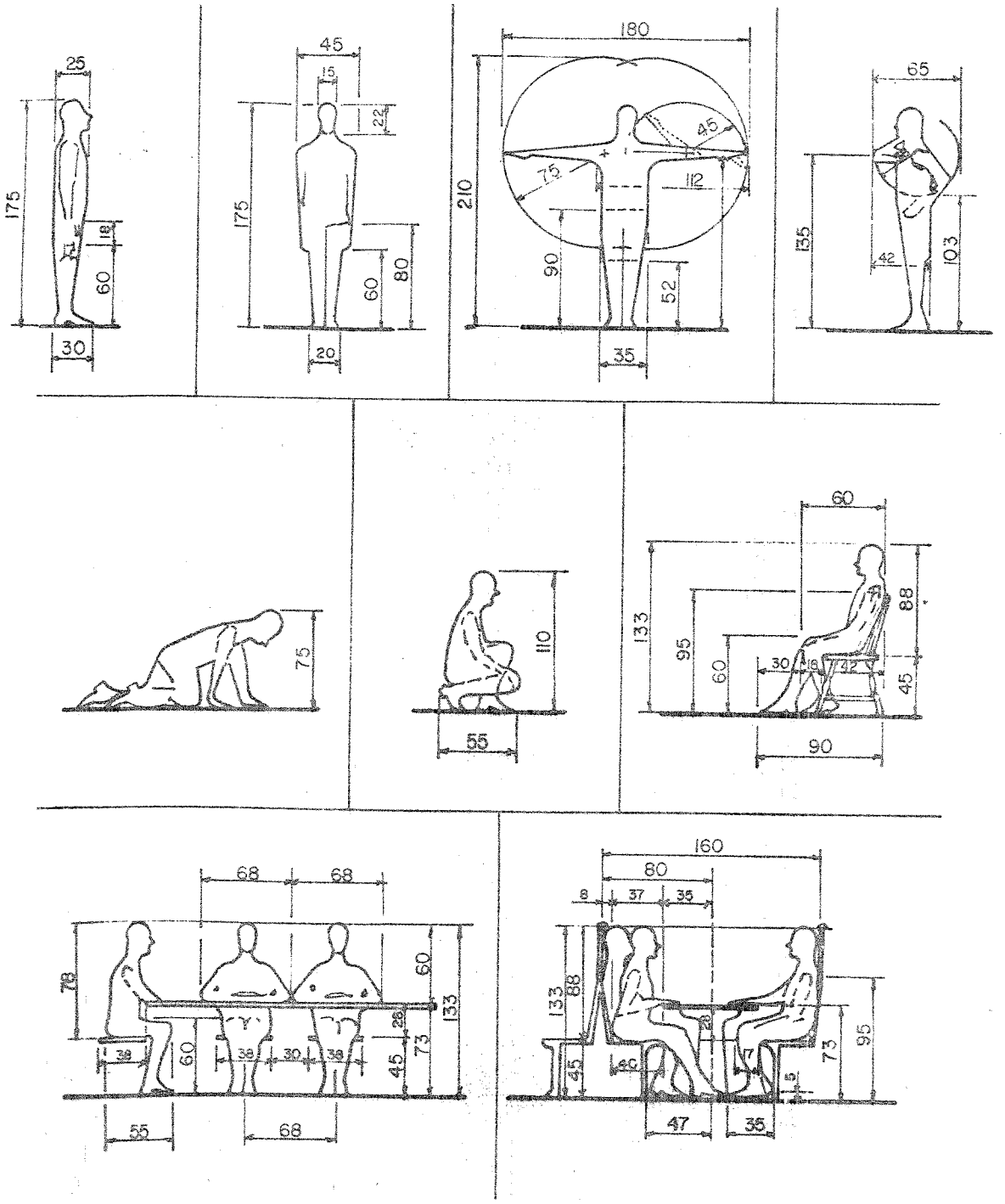
basta multiplicarmos: 5,6 knots x 1,853 = 10,40 km/h

2. PROPORÇÕES DO HOMEM.

Ao fazermos um projeto temos que garantir ao usuário do barco, espaços que não dificultem a execução de todas as tarefas necessárias à vida de bordo ou à satisfação de suas próprias necessidades fisiológicas.

Assim, mostramos na figura 49-E ([redacted]) o homem nas suas diversas posições e todas as medidas principais necessárias.

Usaremos sempre que possível as medidas usadas nesta figura para definir compartimentos como: cozinhas, banheiros, camarotes, salões, cockpit, altura da cabine, etc.



1 . CÁLCULO DE VOLUME E POSIÇÃO LONGITUDINAL DO CENTRO DE EMPUXO:

Na análise das forma do casco de um barco, o primeiro passo, como foi visto no Volume III, é calcular as áreas de seção do barco. Torna-se então, necessário fazer uma verificação quanto ao seu volume e seu comportamento hidroestático, isto é, a maneira pela qual o barco se comportará quando for colocado n'água, que calado assumirá, enfim, uma série de informações necessárias ao desenvolvimento do projeto, que poderão ser obtidas através do cálculo de volume.

Para calcular o volume devemos antes, introduzir o conceito de CURVA DE ÁREAS DE BALISAS da embarcação.

A obtenção desta curva é simples, bastando colocarmos em escala, todas as áreas de Balisas calculadas anteriormente, até o calado que está sendo considerado. Como mostrado na Fig. 37, onde os Yi representam as áreas das Balisas.

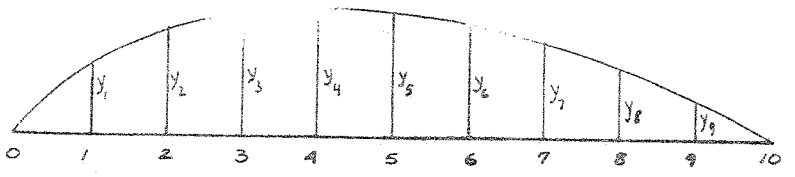


FIG. 37

FIG. 37

Calculando-se a área sob a curva temos o volume imerso da embarcação. Podemos observar que para cada calado teremos um volume imerso correspondente e lógicamente uma curva de áreas secionais.

Este cálculo é feito utilizando-se a mesma tabela do Volume III, sendo os Yi as áreas das Balisas e S o espaçamento entre elas.

As equações assim obtidas são:

$$V = \frac{S}{3} \times \sum(3)$$, onde é o volume imerso da embarcação

$$M = \frac{S^2}{3} \times \sum(5)$$

A posição Longitudinal do Centro de Empuxo, CE, é obtida por:

$$LCE = \frac{M}{V}$$

2 . CÁLCULO DO DESLOCAMENTO (D) :

O deslocamento é facilmente obtido, bastando multiplicar o volume imerso pelo peso específico do meio fluido onde o barco vai navegar.

Água salgada = 1,025 t/m^3 ou 1025 $Kg./m^3$

Água doce = 1,000 t/m^3 ou 1000 $Kg./m^3$

Então:

$$D = V \times 1025 \text{ (ou } 1000) \qquad (V \text{ em } m^3 \rightarrow D \text{ em } kg)$$

3 . EXEMPLO RESOLVIDO:

Tomando os valores calculados no exercício da parte prática do Volume

III, calcular: o volume, até o calado de projeto e a posição longitudinal do centro de carena do veleiro em questão.

a) O primeiro passo é montar uma tabela de cálculo semelhante a utilizada no Volume III.

	1	2	3	4	5
BAL	ÁREA	MS	COL(1)xCOL(2)	BRAÇO	COL(3)xCOL(4)
0	0	1	0	0	0
1	0,082	4	0,328	1	0,328
2	0,177	2	0,354	2	0,708
3	0,28	4	1,12	3	3,36
4	0,36	2	0,72	4	2,88
5	0,37	4	1,48	5	7,4
6	0,332	2	0,664	6	3,984
7	0,255	4	1,02	7	7,14
8	0,146	2	0,292	8	2,336
9	0,052	4	0,208	9	1,872
10	0	1	0	10	0
11	-	.	-	-	-
Σ			6,186		30,00

NOTA: as áreas aqui indicadas para as balizas foram calculadas com a ajuda do planímetro, um aparelho destinado a medir áreas; por isso, os valores quando comparados com os calculados por Simpson apresentarão pequenas diferenças.

. volume:

$$V = \frac{2}{3} \times S \times \Sigma_{③}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,648 \times 6,186$$

$$= 2,67 \ m^3$$

. Momento:

$$M = \frac{2}{3} \times S^2 \times \Sigma_{⑤}$$

$$= \frac{2}{3} \times (0,648)^2 \times 30,00$$

$$= 8,398$$

. Posição longitudinal do centro de carena:

$$LCE = \frac{8,398}{2,67} = 3,145 \ m$$

Como o espaçamento entre balizas é de 0,648, podemos verificar que o centro de empuxo (centro de carena) fica localizado entre as balizas 4 e 5. A baliza 5 está a 3,24 m da PR. e a 4 a 2,59 m da PR.

isto é, o LCE está localizado a 3.24 - 3,145 = 0,095 m vante da bal. 4.

OBS.: de maneira direta, se medirmos, em escala, sobre o plano de linhas 3,145 m, também posicionaremos o LCE.

Lembre-se de que o eixo de referência passa pela PR.

. Deslocamento

A obtenção do deslocamento é simples, bastando multiplicar o volume pelo peso específico da água.

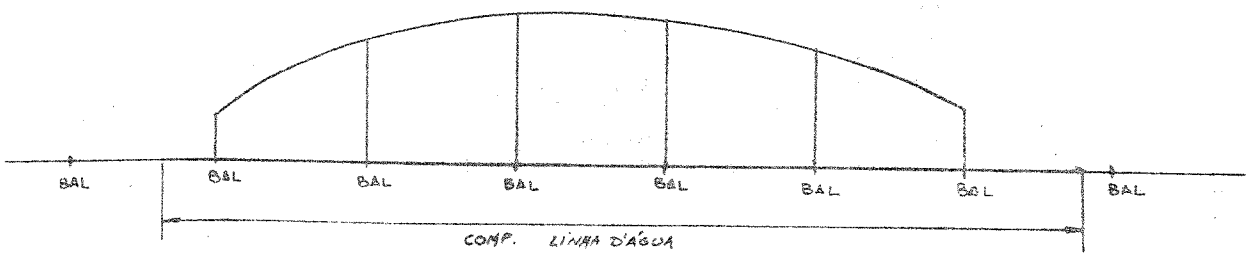
água salgada = ∇ x 1,025

água salgada = 2,67 x 1,025

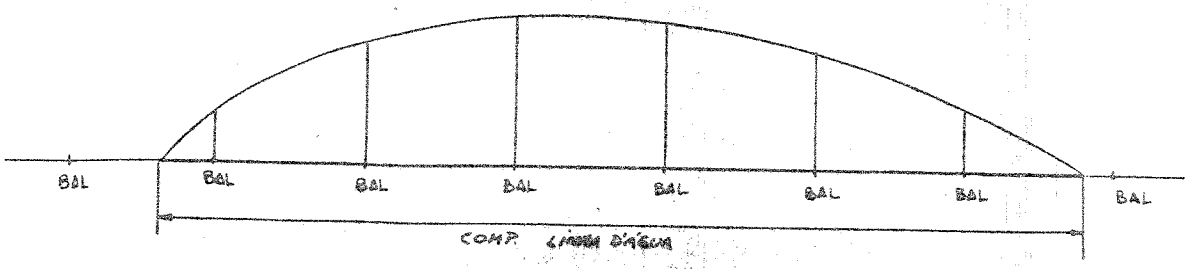
= 2,736 t

b) Para o cálculo de volume dos demais calados, é importante construir a curva de áreas seccionais correspondentes, bastando para isto, colocar em escala o comprimento de cada linha d'água e as balizas que ela corta.

O problema que poderia ocorrer seria a linha d'água terminar entre duas balizas, com isso, a forma da curva de áreas seria como mostra a figura abaixo.

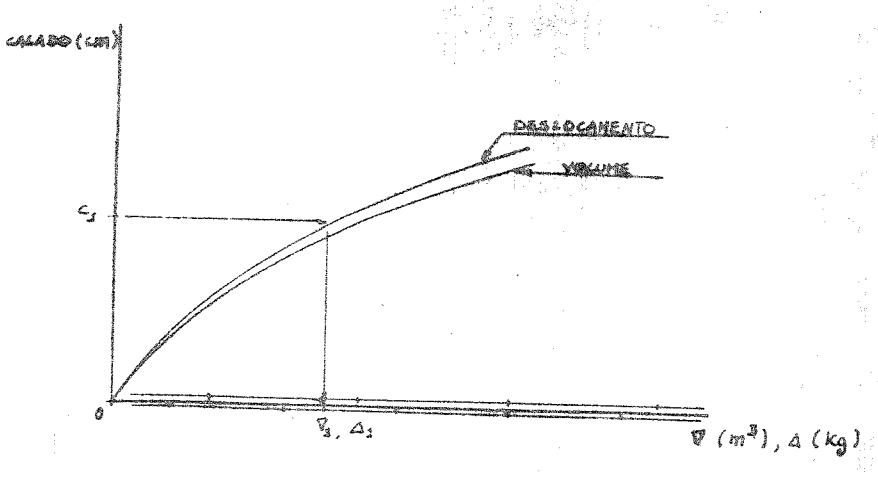


Neste caso, procuramos dar um seguimento normal a curva, de modo a completá-la.



Como as áreas que dão origem à curva foram marcadas em escala, basta dividir a nova curva em um número par de segmentos e aplicar a regra de Simpson (ver Vol. III).

Com o conjunto de resultados assim obtidos torna-se fácil construir as curvas de volume e deslocamento em função do calado. Basta colocar sobre um eixo vertical os valores dos calados (em m ou cm) e sobre o eixo horizontal duas escalas para volume e deslocamento (em m^3 e kg, respectivamente).



Obs.: Use papel milimetrado.

VOLUME V

PARTE TEÓRICA - EQUILÍBRIO

Um barco é equilibrado se em todas as condições de vento o leme é dócil, de fácil manejo, sem exigir um esforço demasiado do timoneiro.

Como já vimos, o leme equilibra as forças geradas pelo vento ao passar pela vela e as forças geradas pela água ao passar pelo casco.

No Volume IV demos uma indicação das posições relativas de CEV e CLR. Esta indicação tem o objetivo de diminuir ao máximo a necessidade do uso do leme como força equilibrante.

No entanto, a forma do casco também influencia o equilíbrio de uma embarcação. Não podemos projetar um casco que quando estiver inclinado mude demasiadamente suas formas pois é óbvio que mudaria a posição de CLR e com isso desiquilibraria o sistema de forças.

É necessário, portanto, que ao projetarmos um casco, verifiquemos as formas imersas quando ele estiver inclinado.

Fazemos isto inclinando o barco e estudando as formas das novas linhas d'água que chamamos de linhas d'água inclinadas.

Podemos ver na Figura 50 (folha anexa), as linhas d'água inclinadas de um barco com banda, sendo que no plano de balizas indicamos a inclinação do barco.

Em geral, não usamos inclinar o plano de balizas, preferimos traçar nele as linhas d'água inclinadas, Veja Figura 51 (folha anexa).

Um dos principais defeitos de um barco não balanceado é descrever uma curva quando ele se movimenta inclinado. O barco com equilíbrio de formas ao navegar inclinado se move segundo uma linha reta.

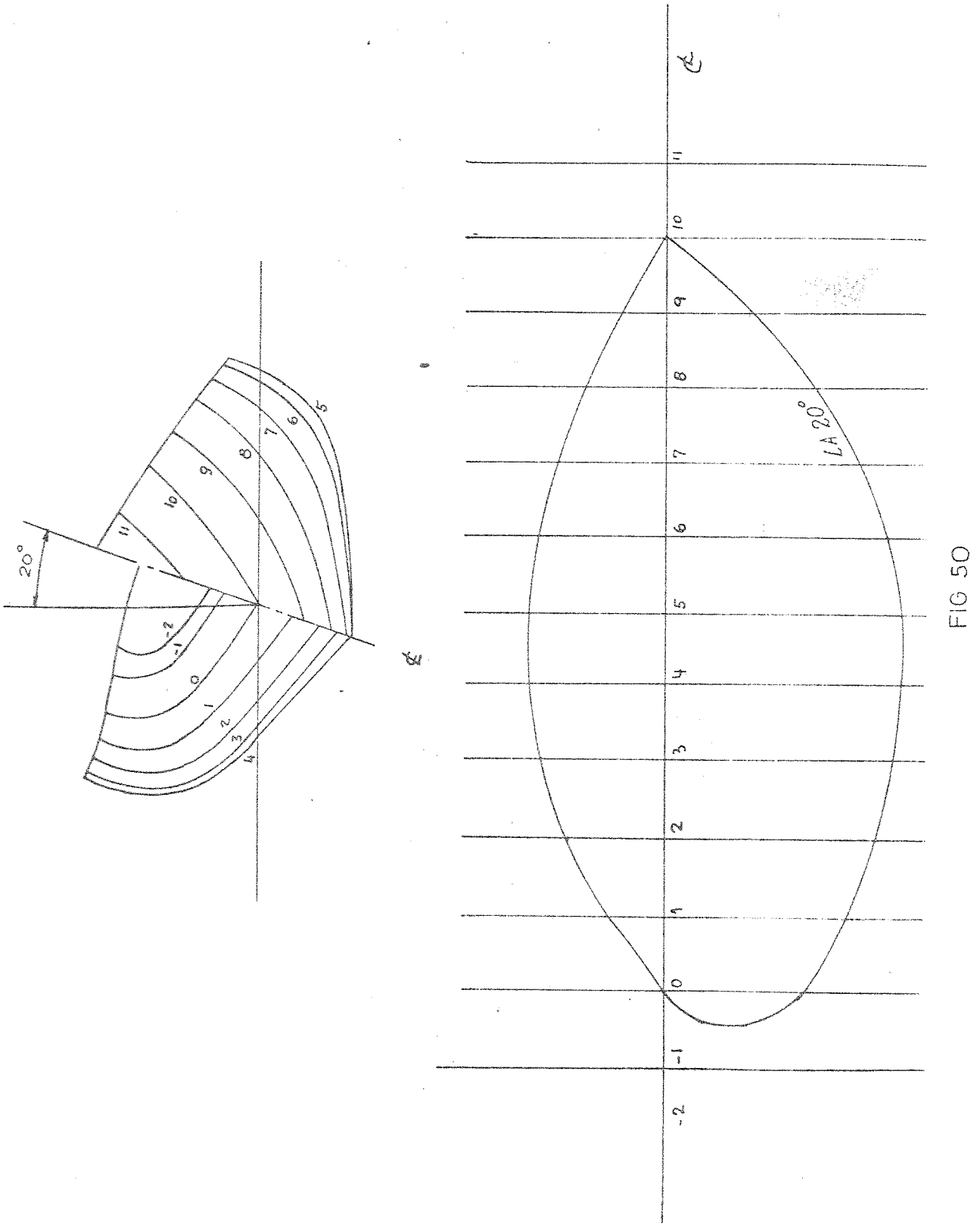


FIG 50

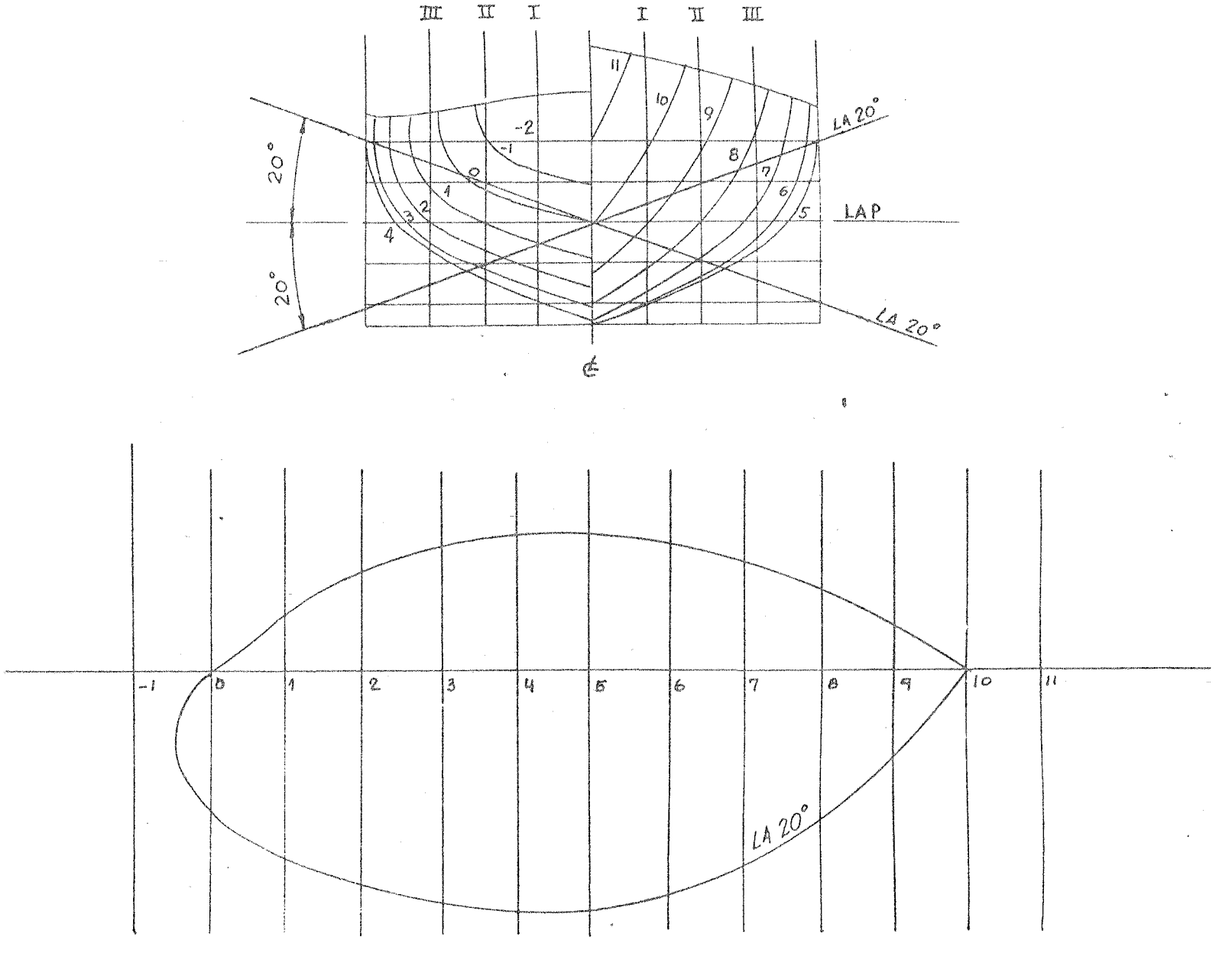

III
II
I
I
II
III
11
10
9
8
7
6
5
-2
-1
0
1
2
3
4
20°
20°
LA 20°
LAP
LA 20°
℄
-1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
LA 20°

FIG 51

As linhas d'água inclinadas partem da linha de centro e são referidas ao calado de projeto, devendo ser traçadas com ângulos de 5°, 15°, 25° ou 10°, 20° e 30° em relação à linha d'água de projeto.

Como no plano de balizas só traçamos metade das balizas, necessitamos traçar duas retas com o ângulo escolhido para a linha d'água inclinada como indicado na Figura 52.

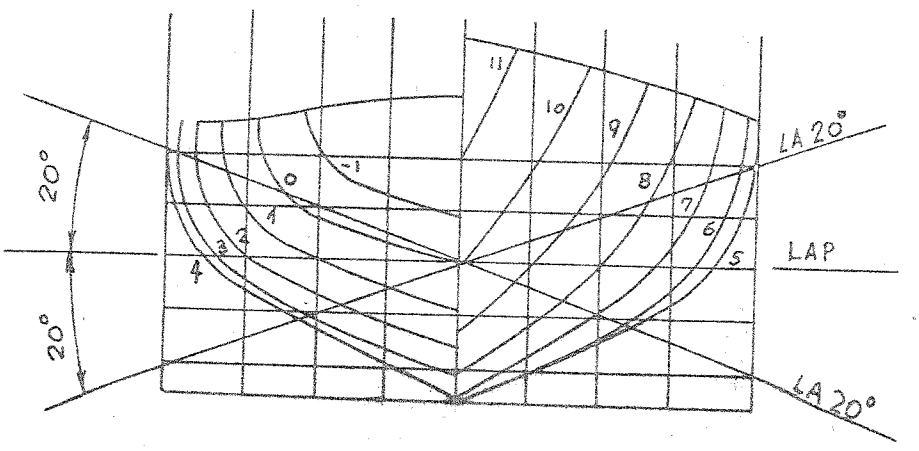


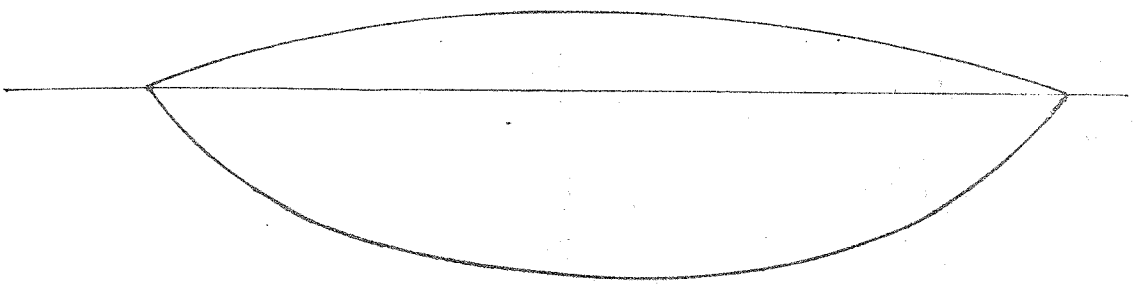
FIG 52

Para o desenho de LA inclinada traçamos uma linha de centro em que marcamos as balizas (tal como fazemos para as linhas d'água normais), em seguida, levantamos perpendiculares pelas balizas para cima e para baixo desta linha de centro.

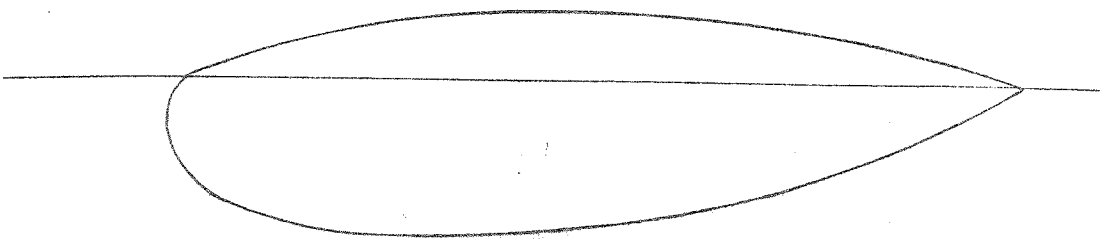
Vamos ao plano de balizas e tomamos as distâncias 0A, 0B, 0C ... em cada baliza que a linha d'água inclinada corte e marcamos 0A, 0B, 0C ... acima da linha de centro e 0a, 0b, 0c ... abaixo, nas balizas respectivas. Veja Figura 53 (folha anexa) para esta execução.

Um barco será equilibrado se as linhas d'água inclinadas tiverem as mesmas formas na proa e na popa, isto é, se forem cheias avante devem ser cheias a ré, se forem finas avante deverão ser finas a ré.

Na Figura 54 mostramos linhas d'água inclinadas que representam barcos equilibrados e desequilibrados.

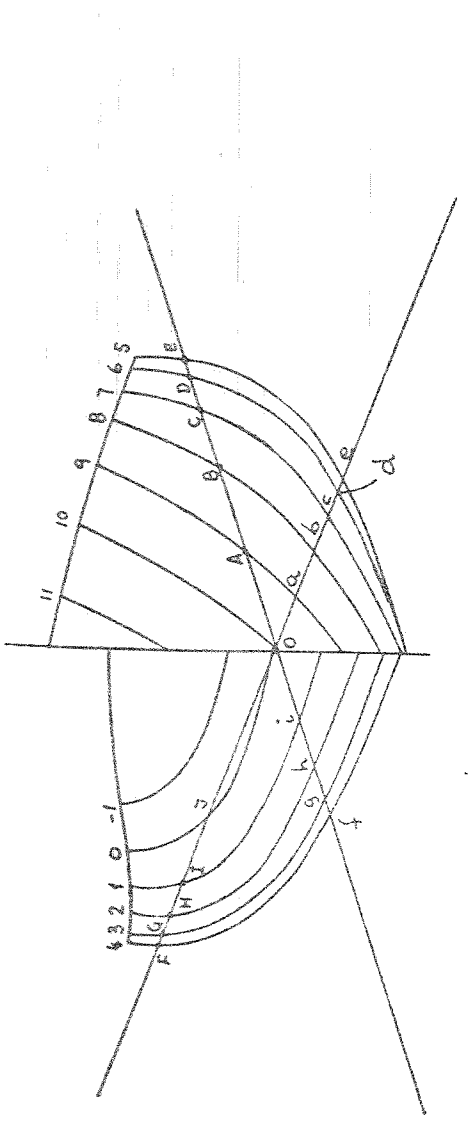


linha d'água equilibrada



linha d'água desequilibrada

FIG 54



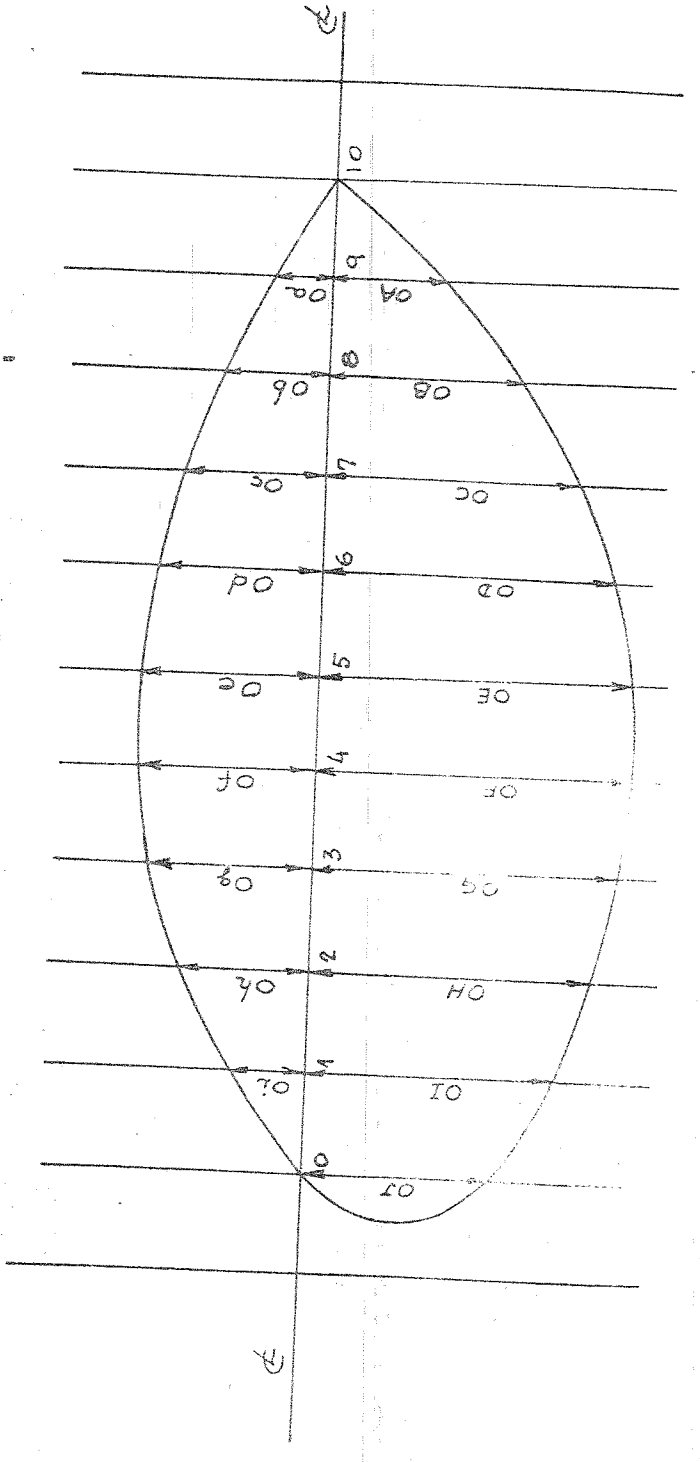


FIG 53

Outro elemento que nos ajuda a projetar barcos equilibrados são os planos diagonais, que nada mais são que planos de linhas d'água inclinados que passam por outros calados além do calado de projeto e podem ter sua inclinação fixada em 45° ou ajustado a um ângulo que julguemos conveniente para a verificação da forma do casco. Estes planos devem ser paralelos uns aos outros para que possamos verificar a mudança de formas da embarcação.

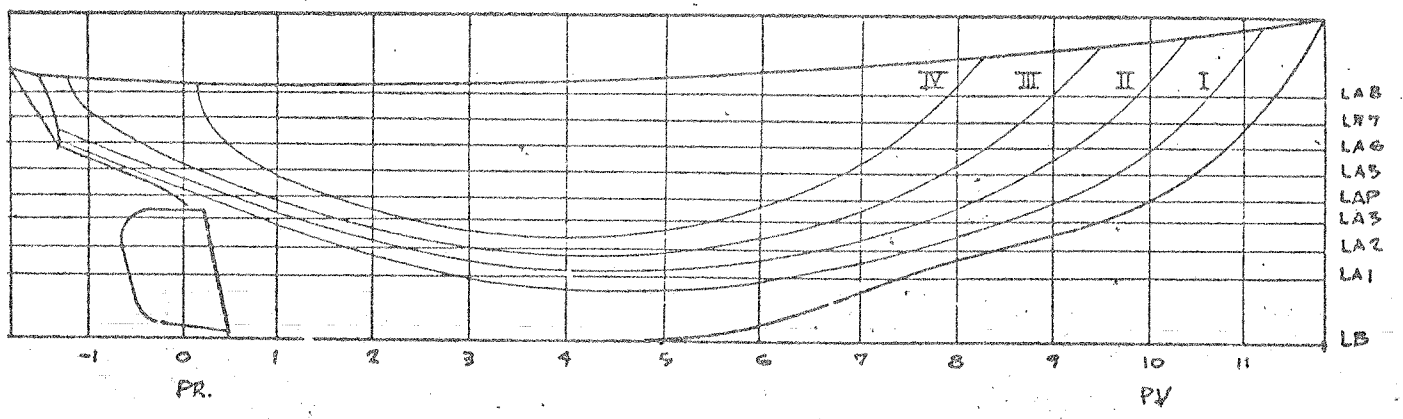
A intercessão dos planos diagonais com o casco devem indicar curvas suaves sem mudanças bruscas de continuidade. As intercessões destes planos com o casco normalmente são mostradas no plano de linhas, abaixo do plano de linhas d'água e são chamadas de diagonais e a indicação dos planos diagonais é feita no plano de balizas. A Figura 55 (folha anexa) mostra os planos diagonais indicados por linhas inclinadas no plano de balizas e identificados por letras do alfabeto. Só representamos as diagonais do lado do casco que submerge.

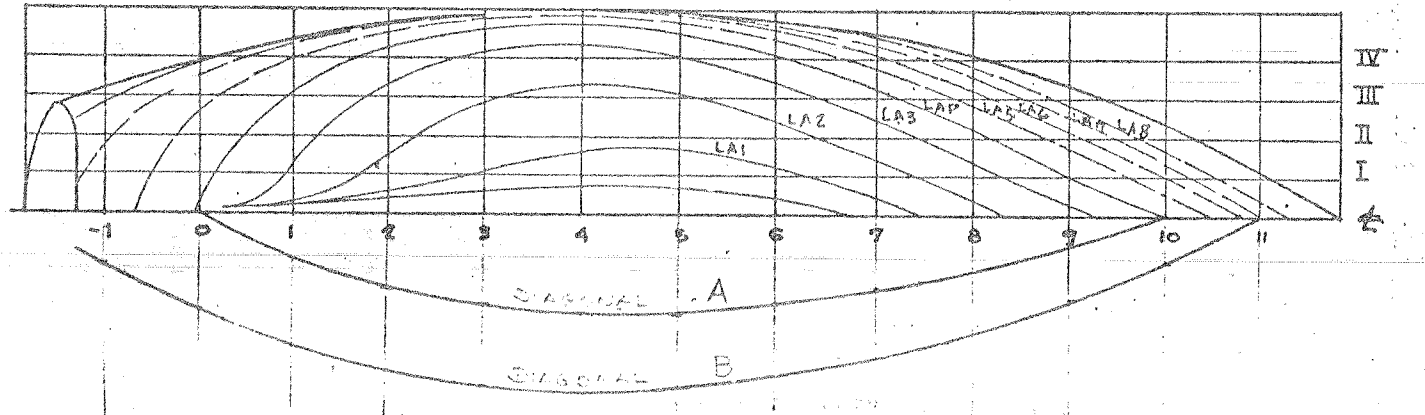
A superfície do casco não deve ter calombos ou mudanças bruscas de forma. É essencial que a cada passo da execução de um plano de linhas façamos o acompanhamento de como estão se comportando as diagonais e as linhas d'água inclinadas.

No caso delas apresentarem inflexões, deve-se modificar as formas do casco (balizas, linhas d'água e planos do alto) de maneira a tornar suaves as diagonais e linhas d'água inclinadas.

Chamamos de carenamento ao trabalho de acertar as formas das linhas d'água, balizas, planos do alto, diagonais e linhas d'água inclinadas, de tal modo que a forma do casco fique suave e que qualquer ponto do casco esteja representado certo no plano de linhas.

PLANO DE LINHAS DO ALTO





PLANO DE BALIZAS

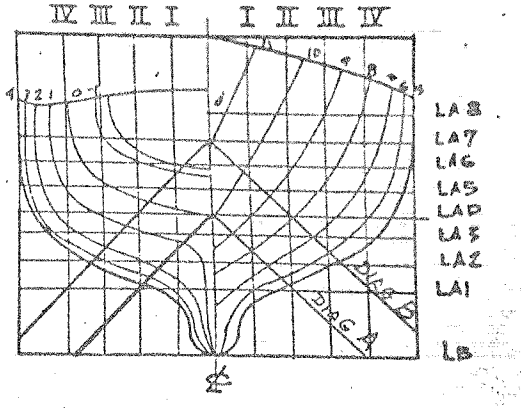


FIG. 55

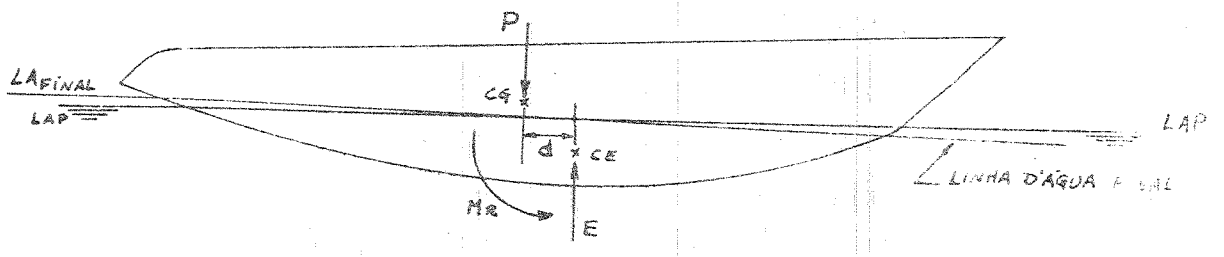
CÁLCULO DO PESO E CENTRO DE GRAVIDADE

É importante um cálculo apurado do peso do barco e de seu centro de gravidade, pois o peso total e a posição do centro de gravidade final, obtidos levando-se em conta todos os itens que compõem o barco, são fatores fundamentais para que, quando colocado n'água, o barco flutue e se comporte conforme o que foi projetado.

Desta forma, o centro de gravidade final deve ficar sobre a mesma vertical que passa pelo Centro de Empuxo - CE, (relativo a linha d'água de Projeto - LAP) de modo que, estando o Peso e Empuxo aplicados sobre a mesma vertical, não haja momento resultante, longitudinal ou transversal, que leve o barco a assumir uma linha de flutuação diferente da LAP.

Exemplos:

a - Posição Longitudinal do CG diferente do CE.



MR - MOMENTO RESULTANTE

$M_R = P \times d$

a.1 - CG a Ré do CE - o barco cala mais pela Popa, isto é, afunda mais a popa, retirando, proporcionalmente, a proa da água.

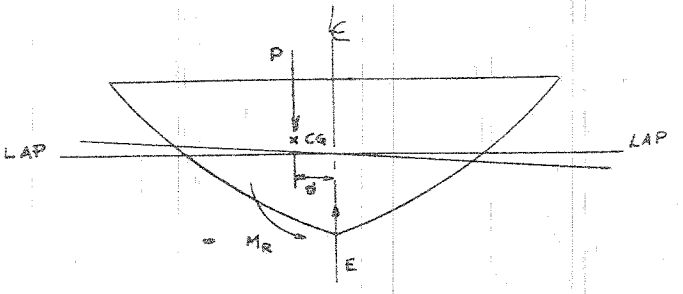
(Trim pela Popa)

a.2 - CG a vante do CE - o barco cala mais pela Proa. (Trim pela Proa).

Obs.: Quando uma embarcação tem mais calado a Ré do que a vante, diz-se que ela apresenta Trim pela popa.

Analogamente, quando tem mais calado a vante do que a Ré, a embarcação apresenta Trim pela proa.

b - Posição Transversal do CG diferente do CE.



Neste caso, o barco vai flutuar adernado, isto é, com banda, calando mais em um bordo que no outro.

Nenhuma destas situações é desejável, já que o desempenho do barco ficará grandemente prejudicado se suas condições de flutuação não forem aquelas de projeto. Portanto, se ao final do cálculo de Peso e da Posição do Centro de Gravidade verificarmos que o barco apresenta Trim ou Banda, devemos fazer um remanejamento de pesos a bordo de modo que o CG fique sobre a vertical que passa pelo Centro de Empuxo.

Os elementos que mais contribuem para o peso de um veleiro são:

a) Forro do casco
b) Estrutura do casco
c) Convés e Anteparas
d) Estrutura do Convés
e) Mobiliário
f) Equipamentos de convés
g) Motor
h) Mastreação

i) Velame

j) Equipamentos elétricos

l) Água potável

m) Tripulação e seus pertences

n) Lastro

o) Combustível

Deve ser feita uma análise cuidadosa de cada item descrito acima, embora no caso dos quatro primeiros, uma grande otimização seja um pouco mais difícil já que existe um compromisso com a segurança que exige dimensões mínimas para a estrutura do barco, de modo que uma redução considerável de peso exige maiores e mais detalhados conhecimentos.

Os demais ítens podem ser otimizados com a ajuda do bom senso.

Na verificação do peso e centro de gravidade usamos a Tabela 1.

Na coluna 1 colocamos todos os ítens que contribuem para o peso final.

Na coluna 2 fornecemos os pesos correspondentes e na 3 indicamos a altura do CG de cada ítem considerado, em relação a linha de base. Se estiver acima será positiva, se abaixo, negativa.

Na coluna 4 é o produto da coluna 2 pela coluna 3.

Na coluna 5 indicamos a distância horizontal do CG do item considerado à vertical que passa pela baliza 5. Se estiver a ré da baliza 5 será positiva se estiver avante será negativa.

A coluna 6 será o produto da coluna 2 pela coluna 5.

A coluna 7 é a distância do CG do item até a Linha de Centro se o peso estiver a bombordo será positiva se for a BE será negativa.

A coluna 8 será a multiplicação da 2 pela 7.

O peso total será dado pela soma da coluna 2. A posição vertical do CG em relação a LB é dada pela divisão da soma algébrica da coluna 4, indicada por $\sum 4$, pelo peso total do barco.

$$\text{Posição vertical do CG} = \frac{\sum 4}{\sum 2}$$

TABELA 1

1	2	3	4	5	6	7	8
ITEM	PESO	BRAÇO VERTICAL	2×3	BRAÇO HORIZONTAL	2×5	BRAÇO LATERAL	7×8
SOMA	$\Sigma_2 =$		$\Sigma_4 =$		$\Sigma_5 =$		$\Sigma_8 =$

Identicamente, a posição longitudinal do CG em relação a baliza 5 é dada pela divisão de Σ 6 por 2.

$$\text{Posição longitudinal do CG} = \frac{\Sigma\ 6}{\Sigma\ 2}$$

E a posição transversal do CG deve ficar na linha de centro e para que isto ocorra a soma algébrica da coluna 8 deve ser igual a zero, Σ 8 = 0.

1) PESO E CENTRO DE GRAVIDADE DO FORRO DO CASCO.

Um dos métodos usados é cortarmos o forro do casco em fatias horizontais delimitadas por duas linhas d'água consecutivas e acharmos seu peso e centro de gravidade vertical. Este método consiste em fazermos uma expansão do forro.

Para o desenho da expansão traçamos uma linha de base, o perfil longitudinal do plano diametral e marcamos as balizas como indicado na figura 1.

Em seguida, iremos ao plano de balizas e em cada uma delas verificamos seu contorno, por exemplo, por intermédio de um barbante, marcando nele todas as linhas d'água e o início e o fim do contorno da baliza como indicado na figura 2 . Folha anexa.

Levamos o barbante com as marcações para o desenho que iniciamos e em cada baliza, verticalmente, a partir do perfil longitudinal, o esticamos sem forçar, para que não deforme e passamos as marcações como indicado na figura 3. Folha anexa.

Depois de estarmos com todas as balizas marcadas, unimos os pontos de cada linha d'água e o fim do contorno, que corresponde a linha do convés ao lado, finalizando o desenho.

Se nesta expansão, marcamos as espessuras usadas nas diversas áreas do forro, poderemos calcular o peso de cada faixa, multiplicando as regiões de mesma espessura por sua área respectiva, obtendo assim, o volume de material utilizado e se multiplicarmos este volume pelo peso especifico

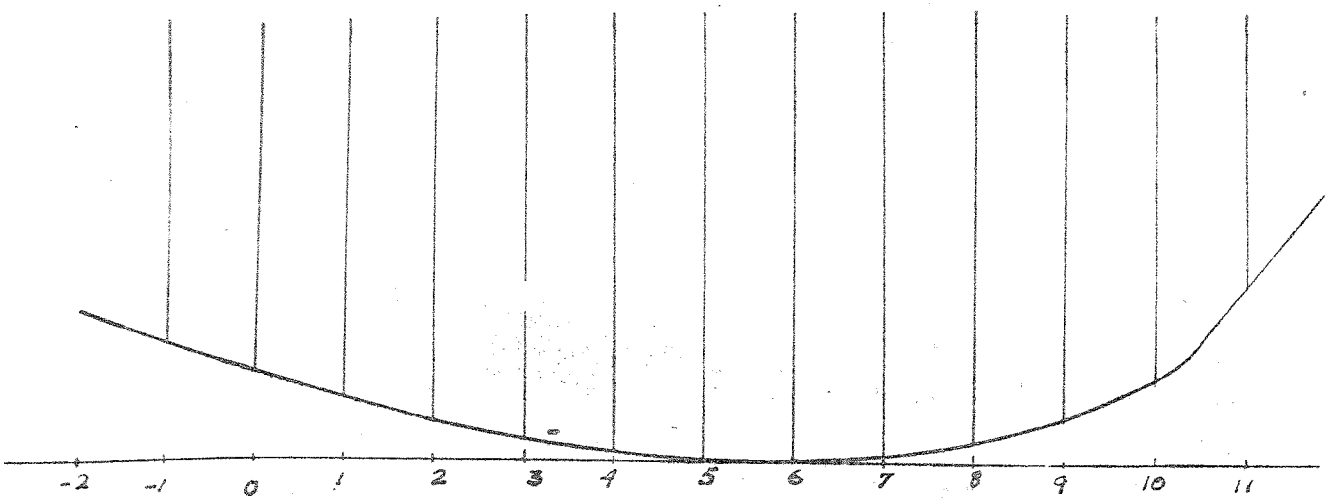

-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

FIG 1

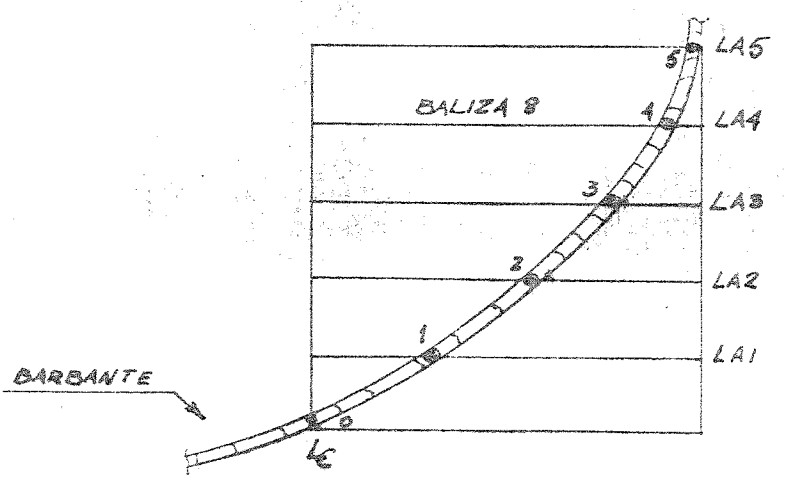

LA5
LA4
LA3
LA2
LA1
BALIZA 8
5
4
3
2
1
0
BARBANTE

FIG 2

do material empregado teremos o peso que desejamos.

Para calcularmos a posição longitudinal do CG de cada faixa, basta calcular a área da faixa a ré da bal 5 e a área a vante, com seus respectivos' centros de gravidade, dando valor negativo ao braço de ré e positivo ao ' de vante, fazendo-se um cálculo analogo ao feito no Vol. III (cálculo de Áreas) tem-se a posição do CG em relação a Bal. 5.

Quanto a posição vertical do CG, pode-se assumir sem grande erro, que esteja no meio da altura entre as duas linhas d'água.

Devido a simetria transversal do casco (um bordo é idêntico ao outro), o CG se situa sobre o Plano Diametral.

Usando a tabela 1, sendo cada item uma faixa entre duas linhas d'água, pode-se calcular as posições longitudinal e vertical do CG do forro do cas-

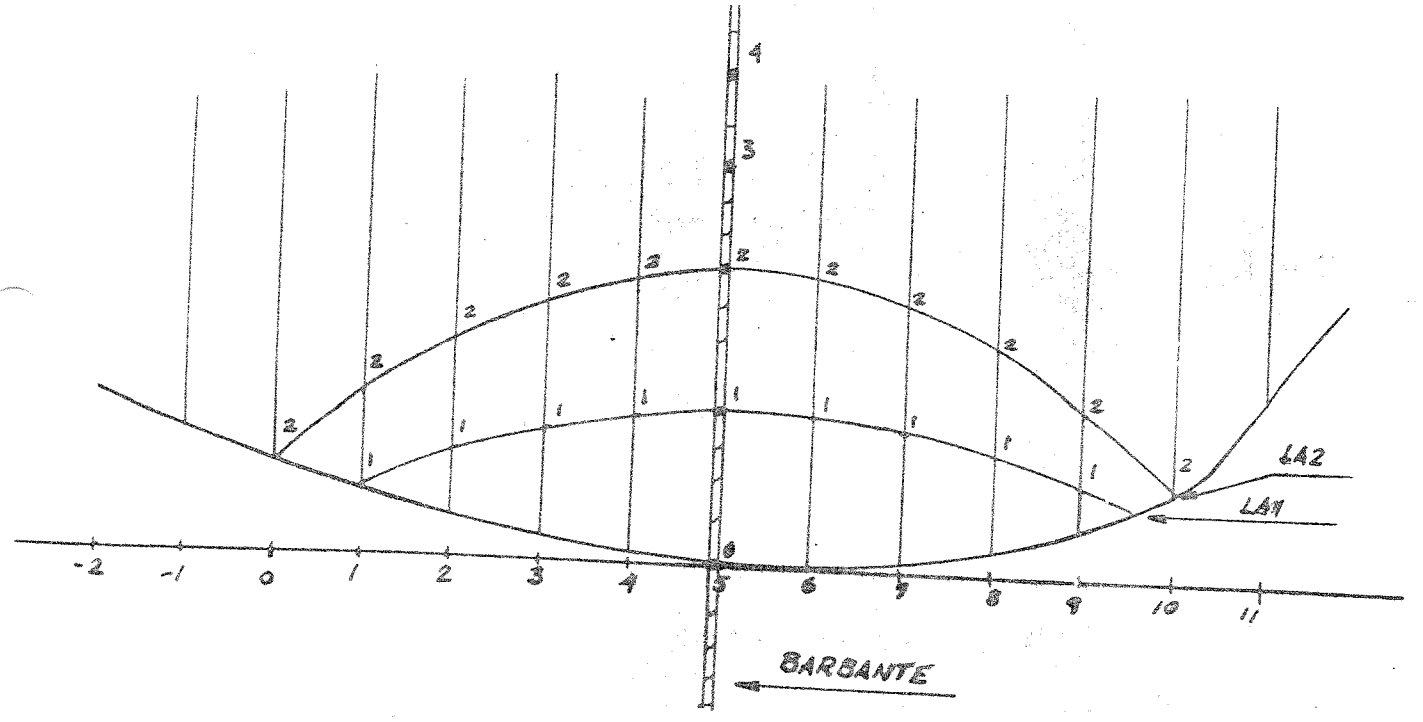


FIG 3

2) DEMAIS ITENS.

Todos os itens que compõe o peso do casco podem ser desmembrados em formas que conhecemos as posições do centro de gravidade.

Por exemplo, uma caverna pode ser decomposta em partes semelhantes a paralelepípedos, cujo centro de gravidade sabemos que fica no ponto de inter-

cessão de suas diagonais. Veja figura 4 Folha anexa.

Anteparas e convés igualmente podem ser divididos e comparados a paralelepípedos.

3) LASTRO.

No barco a vela é necessário usarmos lastro para abaixar a posição do centro de gravidade no intuito de melhorarmos a estabilidade e podermos levar a área vélica necessária.

A quantidade de lastro fica então definida por este conceito, bem como a posição vertical do centro de gravidade pois quanto mais baixo posicionarmos o lastro, mais para baixo ficará o CG do barco e maior será sua estabilidade.

A posição longitudinal do centro de gravidade do lastro será definida do seguinte modo:

Primeiro calculamos o CG do barco com todos os itens, a exceção do item n que é o lastro, pois ainda não sabemos sua posição.

Como o CG do barco tem que ficar na mesma posição longitudinal do centro de empuxo a seguinte equação tem que ser obedecida:

$$\pm P \times l_E = \pm P_p \times l_p \pm P_l \times l_L$$

Onde: P = peso total do barco incluindo o lastro.

P_p = peso parcial do barco excluindo o lastro.

P_L = peso do lastro

l_E = posição longitudinal do centro do empuxo.

l_p = posição longitudinal do peso parcial (sem o lastro)

l_L = posição longitudinal do lastro.

Tanto l_E, l_P e l_L são referidos a baliza 5 e o sinal antes de cada termo de equação será + ou - conforme o peso de cada parcela estiver localizado a ré ou a vante da baliza 5.

Nesta equação só não conhecemos l_L e portando resolvendo-a teremos o valor l_L.

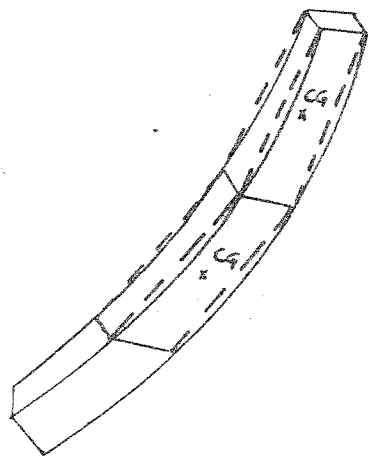


FIG 4

COMO EXECUTAR UM DESENHO.

A execução de qualquer desenho técnico deve obedecer a determinadas normas que possibilitam uma padronização na execução, disposição das vistas e até mesmo na aparência final do desenho; com isso facilitando a leitura e o entendimento das informações nele contidas.

No Brasil existe um órgão especializado na confecção e emissão de Normas Técnicas - a Associação Brasileira de Normas Técnicas, que possui uma "Norma Geral de Desenho Técnico (a NB-8), que rege a execução de desenhos técnicos no país.

Os desenhos de projeto de veleiros devem também seguir a Norma NB-8, e para facilitar a sua utilização, enumeramos abaixo, os parágrafos que têm utilização imediata no ponto de vista do nosso curso, muito embora todas as informações nela contidas sejam importantes para os desenhos técnicos de um modo geral.

Capítulos e parágrafos que devem ser lidos:

1) Capítulo 1.
2) Capítulo 2.
3) Capítulo 3.
4) Capítulo 4
5) Capítulo 5.
6) Capítulo 6.
7) Capítulo 7.
8) Capítulo 9.

VOLUME VI

TEORIA - ESTABILIDADE - CÁLCULO DA ÁREA VÉLICA

No Volume III definimos estabilidade como a propriedade do barco em resistir a forças externas que provoquem banda. Est a definição se refere a estabilidade transversal.

A estabilidade longitudinal pode também ser estudada e podemos defini-la como a propriedade do barco em resistir a forças externas que provoquem inclinação longitudinal. No entanto, em nosso curso, não estudaremos a estabilidade longitudinal tendo em vista que nos barcos com dimensões usuais a estabilidade longitudinal é amplamente assegurada.

Olhemos a Figura 54 que nos mostra uma seção transveral de um barco a vela inclinado, com as forças que agem sobre ele.

As forças que provocam banda são a força lateral na vela F_{VL} e força lateral do casco F_{CL}. Estas duas forças geram um momento desequilibrante. $M_D = F_{VL} \times D$, onde D é a distância entre os pontos de aplicação de F_{VL} e F_{CL}.

Devido a este momento o barco inclina-se e o centro de empuxo desloca-se até que o momento equilibrante gerado pelo empuxo E e pelo peso P $M_E = E \times \underline{a}$, se torne igual a M_D.

Podemos então estabelecer a equação de equilíbrio:

$$F_{VL} \times D = E \times \underline{a}. \quad \text{(Fig. 56)}$$

Podemos calcular F_{VL} sabendo a área vélica e a pressão do vento sobre ela:

$$F_{VL} = SV \times p_v$$

onde: SV = área vélica

p_v = pressão do vento

A pressão do vento varia de acordo com sua velocidade e a tabela abaixo dá esta variação.

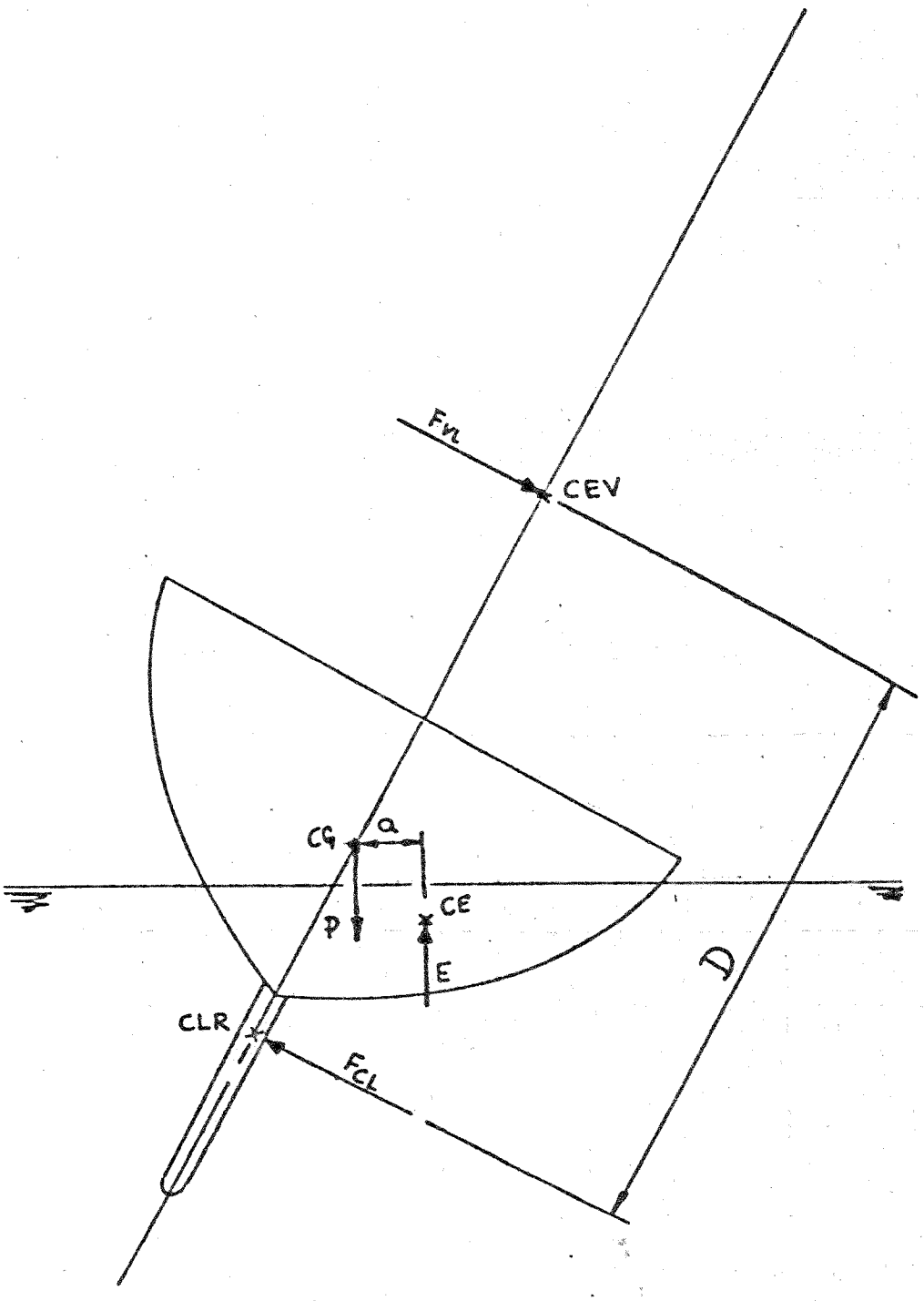


Fig 56

TABELA

vel. do vento	pressão
3,7 km/h	0,049 kg/m^2
9,3 "	0,392 "
16,7 "	1,372 "
26,0 "	3,283 "
35,2 "	6,419 "
44,4 "	11,270 "
55,6 "	17,640 "
68,5 "	26,460 "
81,5 "	37,730 "

Um projetista deve saber a velocidade média dos ventos onde o barco projetado irá navegar para poder escolher adequadamente a pressão do vento que deve usar.

Substituindo os valores de F_{VL} temos a equação:

$$SV \times p_v \times D = E \times \underline{a}$$

Naturalmente, quando o barco inclina de um ângulo a área vélica apresentada ao vento diminui, bem como a distância D entre as forças. Podemos corrigir a fórmula acima acrescentando $\cos^2\alpha$ no primeiro membro, ficando então a fórmula final como abaixo:

$$SV \times p_v \times D \times \cos^2\alpha = E \times \underline{a}$$

Nesta fórmula, desconhecemos SV, D, α e $\underline{a}$ pois p_v é função da velocidade do vento que escolhemos para projeto; D é a distância entre o CEV e CLR calculados no Volume III e E é o empuxo; que é igual ao deslocamento do barco.

No cálculo de barcos à vela fazemos um estudo detalhado de a. Veja a Figura 57 abaixo, em que mostramos um gráfico com valores de a para cada ângulo de inclinação no deslocamento de projeto.

A obtenção deste gráfico será detalhada na parte prática deste Volume.

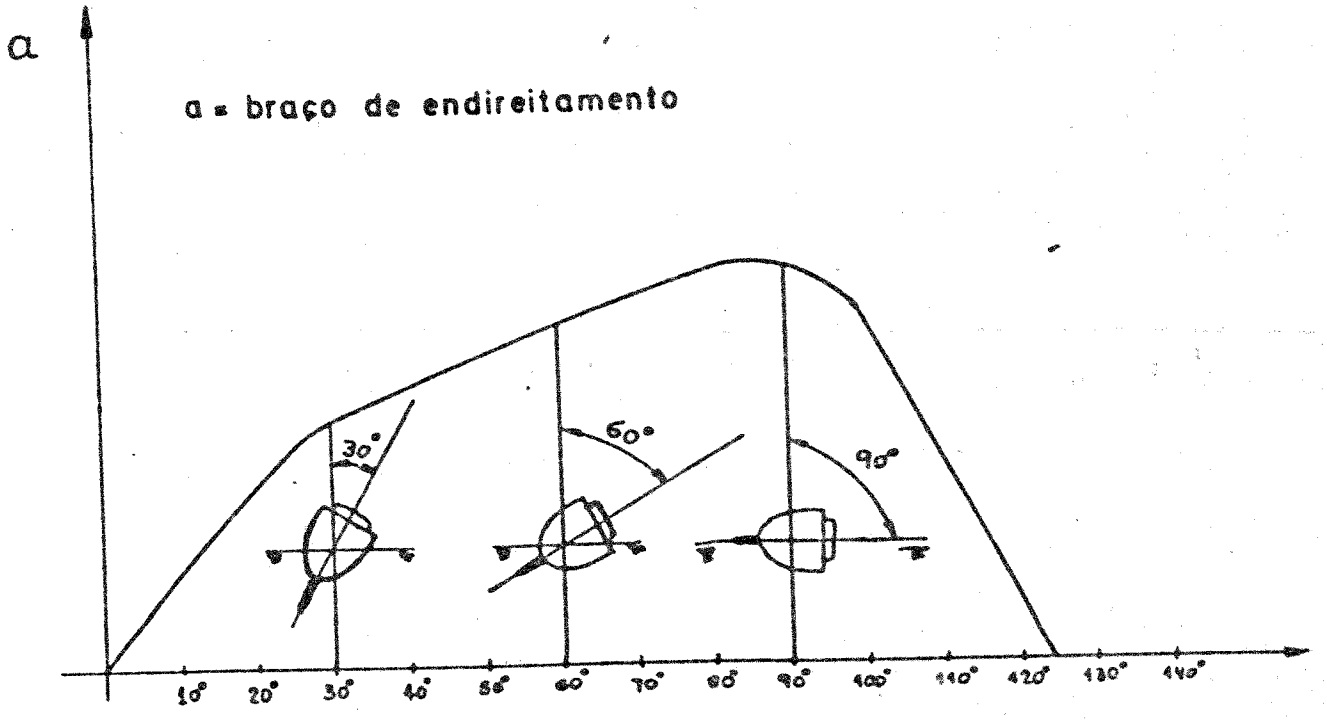


Fig. 57

Na Figura 57 vemos que o barco em estudo possui o braço de endireitamento até cerca de 125°, isto significa que até 125° de inclinação o empuxo e o peso agem favoravelmente no sentido de levar de volta o barco à vertical. A partir de 125° o peso e o empuxo ajudam a virar o barco como indicado na Figura 58.

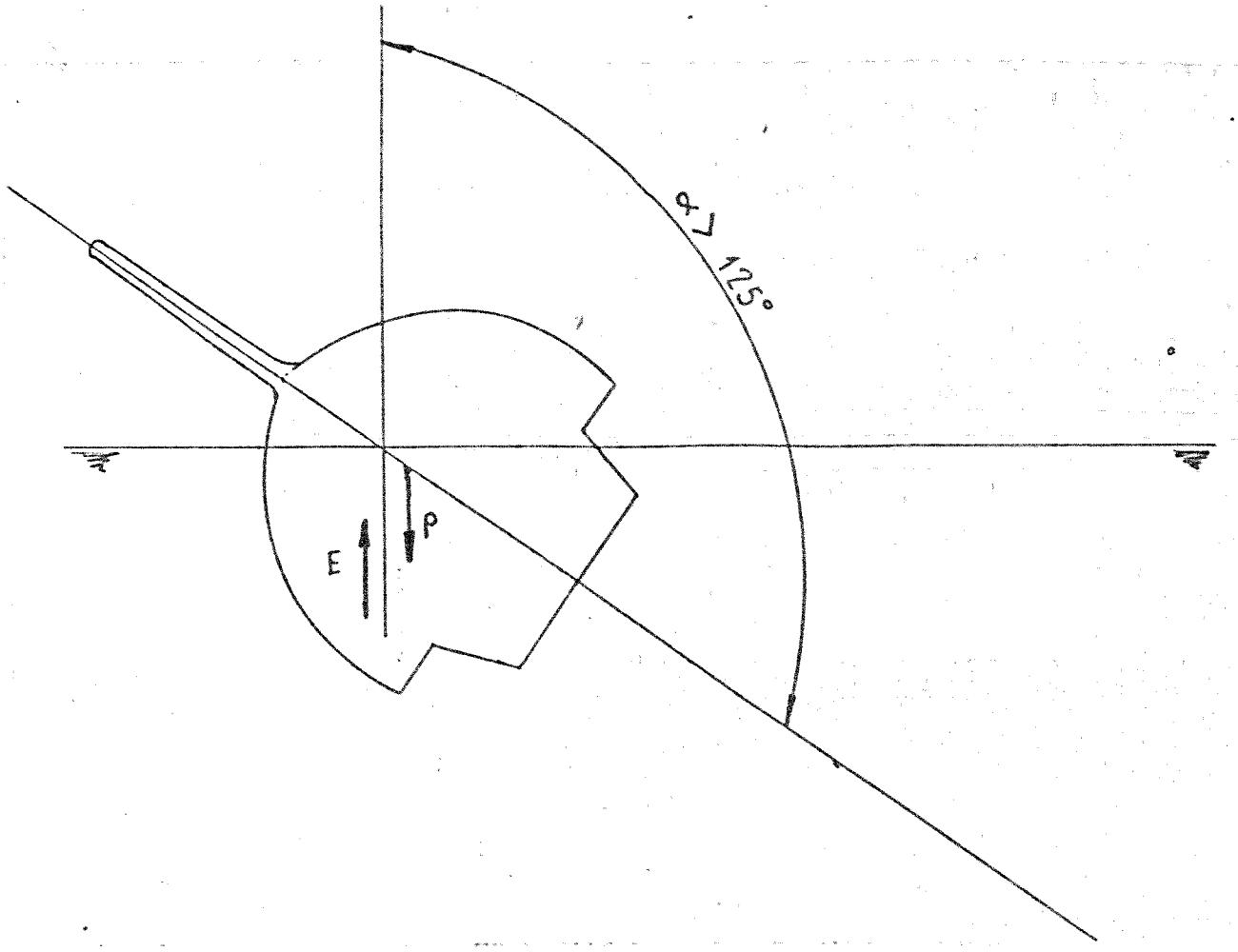


Fig. 58

Naturalmente o momento desequilibrante produzido por F_{VL} só existe até 90°. Quando o barco atinge este ângulo de inclinação, o vento não encontra mais área vélica pois o velame encontra-se na horizontal e F_{VL} é igual a zero.

Depois de calculado o valor de a para cada ângulo de inclinação, podemos traçar o gráfico da Figura 57 e calcular o momento equllibrante para cada ângulo multiplicando o braço pelo deslocamento. Podemos inclusive traçar um gráfico semelhante ao ao Figura 57 sendo que no eixo vertical colocaremos agora o momento equilibrante. Veja a Figura 59.

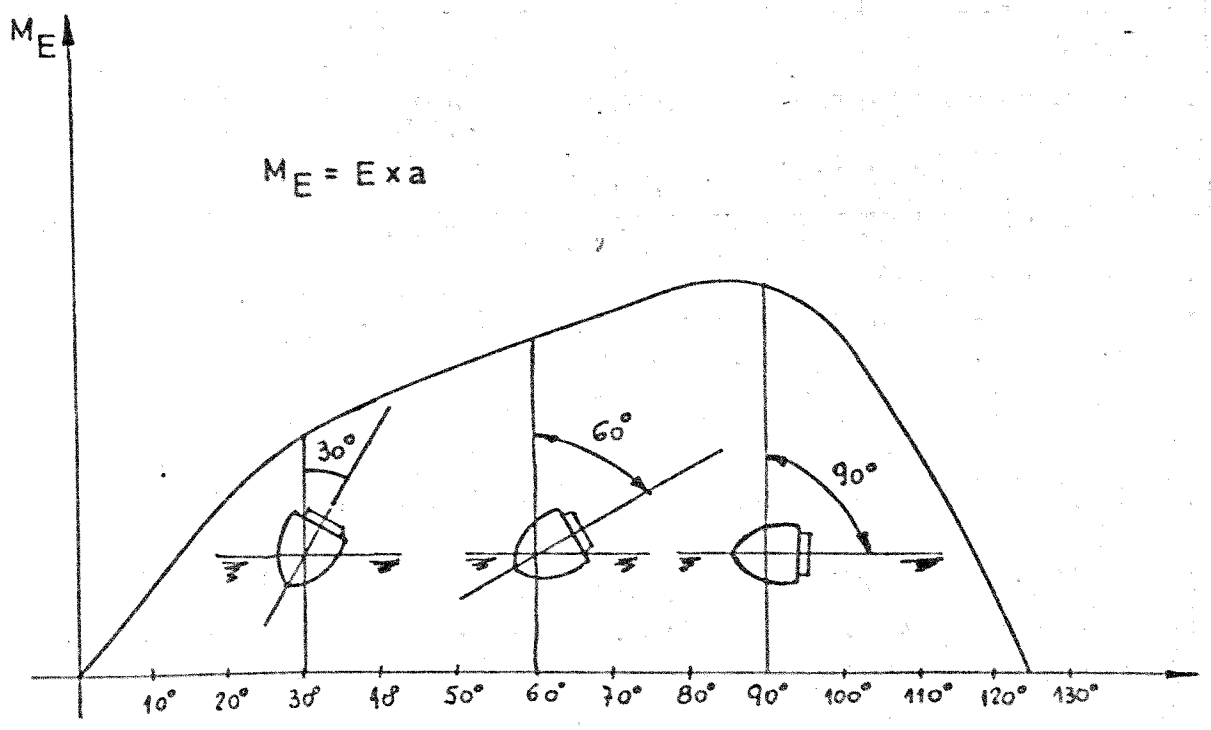


FIG 59

Com este gráfico podemos calcular o produto SV x D, pois com o ângulo limite que queremos que o nosso barco assuma para uma dada velocidade do vento verificamos qual é o momento equilibrante e com este valor de ME = E x a e α escolhido, podemos calcular SV x D como abaixo:

$$SV \times D = \frac{E \times a}{p_v \times \cos^2 \alpha}$$

O nosso problema agora consiste em acharmos as dimensões do nosso velame de tal modo que o produto de sua área pela distância de seu CEV ao CLR seja igual ao valor acima achado para SV x D.

Uma das soluções seria consultar o banco de dados retirando dele a área vélica de um barco semelhante e dar uma geometria às velas tal que a posição de CEV satisfaça às condições acima.

Uma outra solução seria consultar um fabricante de velas para que escolhesse a geometria e área vélica adequada ao projeto.

Não devemos esquecer que a posição longitudinal do CLR depende também da CEV, devendo, portanto, atender aos requisitos do Volume IV.

No caso em que a quilha acondiciona o lastro, sua posição longitudinal fica definida em virtude da necessidade de posicioná-lo de tal modo que o CG e o CE fiquem na mesma vertical. Com isso, fixamos o CLR e consequentemente a posição longitudinal de CEV, devendo também o velame escolhido atender também a este requisito.

VOLUME VI - PARTE PRÁTICA

CÁLCULO DO PESO E CENTRO DE GRAVIDADE.

EXEMPLO PRÁTICO

Vimos no Volume V como calcular o peso e a posição do centro de gravidade de embarcações. Como exemplo, vamos estudar o caso simplificado de um flutuador, cujas características principais são:

L_T : 5,00 m

BOCA : 3,00 m

PONTAL : 1,00 m

construído em fibra de vidro, cuja peso específico combinado com a resina é aproximadamente $\gamma = 1{,}428 \text{ kg/m}^2 \times \text{mm}$

Na Fig. 1 temos maiores detalhes do flutuador.

1) Rotina de Cálculo.

Inicialmente deve-se calcular as áreas das regiões que têm a mesma espessura. Neste caso em particular, as áreas são facilmente obtidas sem necessidade do uso da Tabela do Volume III, visto ser possível dividir as regiões em formas geométricas cujas áreas são conhecidas.

Devido à simetria de formas em relação à linha de centro, é necessário calcular apenas um bordo.

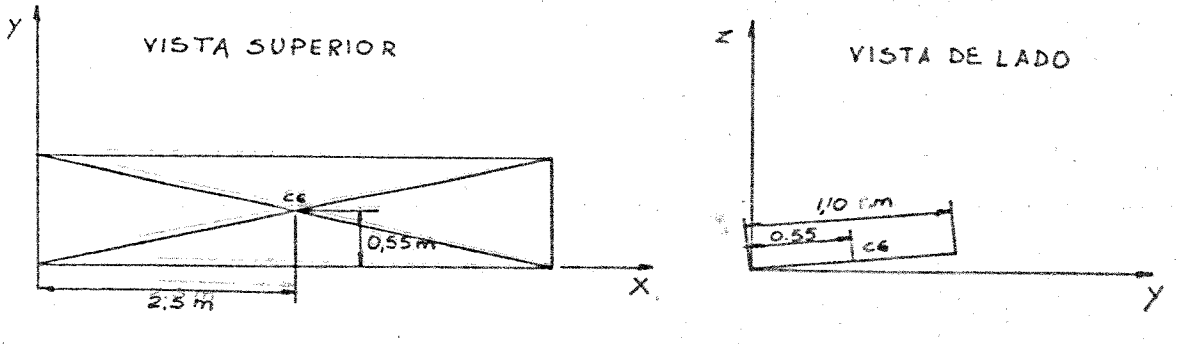
1.1) Fundo:

a) $\text{área}_F = 5{,}00 \times 1{,}10$

$\text{área}_F = 5{,}5 \text{ m}^2$

b) posição do centro de gravidade (1 bordo).

O centro de gravidade de um retângulo qualquer fica sobre o cruzamento de suas diagonais, isto é,



sobre as linhas médias de seus lados. Portanto, o CG do fundo tem as seguintes coordenadas:

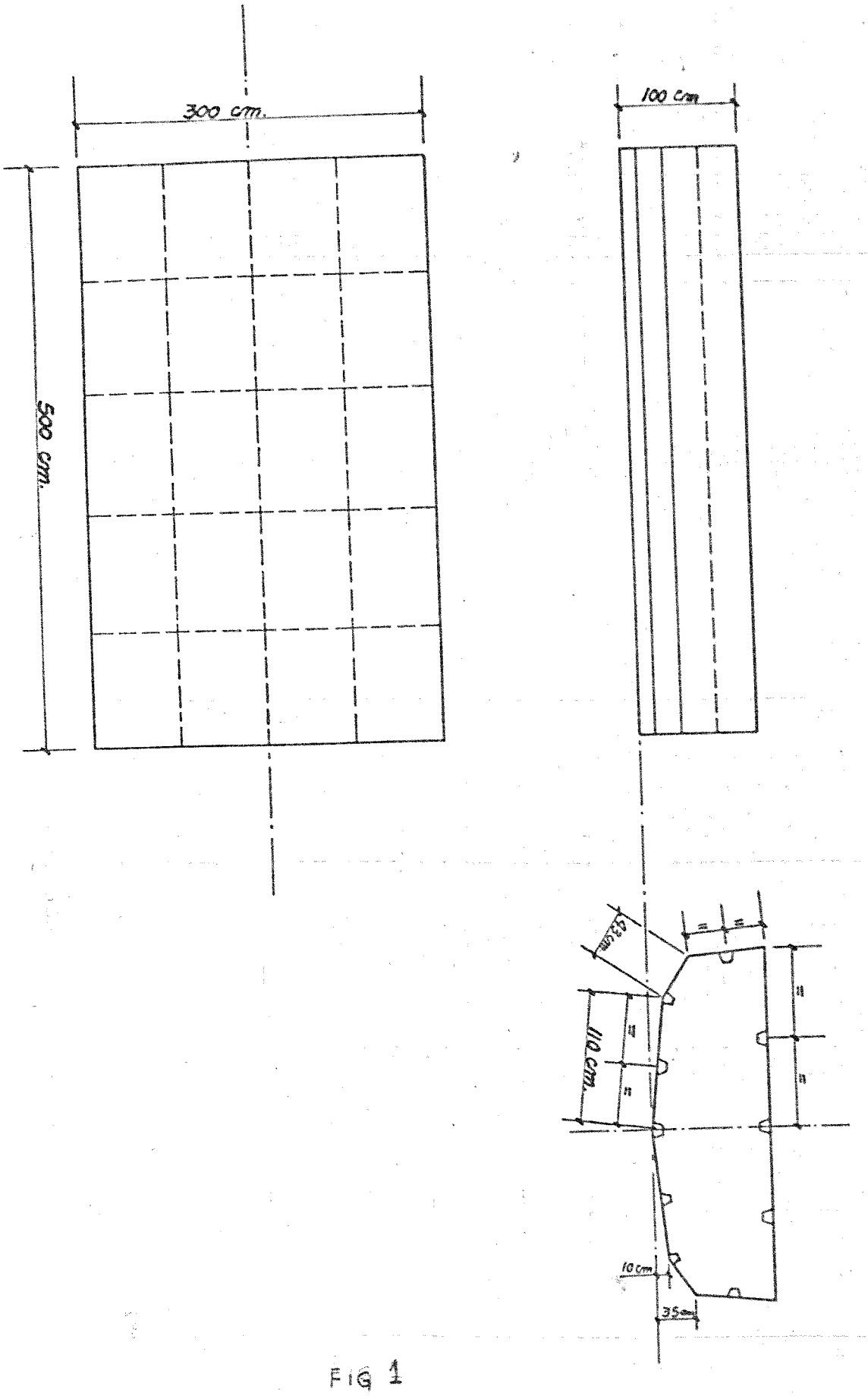


FIG 1

$$X_F = \frac{5,0}{2} = 2,5 \text{ m}$$

$$Y_F = \frac{1,1}{2} = 0,55 \text{ m}$$

A posição vertical do CG do fundo pode ser obtido diretamente, medindo-se em escala no desenho, a altura a partir da linha de base.

$$Z_F = 0,05 \text{ m}$$

c) peso (1bordo).

Peso = área x espessura x γ

espessura do fundo - 5 mm

peso específico - $\gamma = 1,428 \text{ kg/m}^2 \times \text{mm}$

Desejamos uma espessura de 5 mm no fundo, logo

peso = 5,5 x 5 x 1,428

peso = 39,27 kg

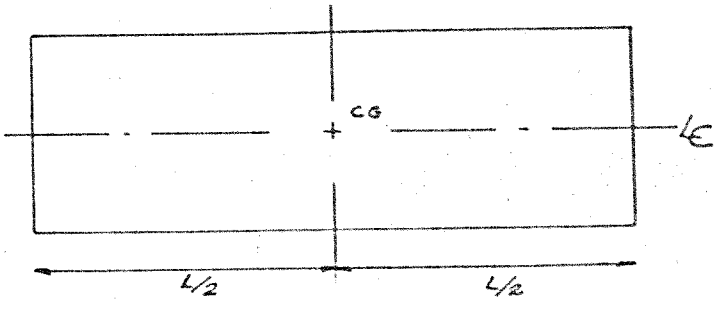
d) Considerando-se os dois bordos:

$\text{peso}_F = 2 \times 39,27$

$\text{peso}_F = 78,54$ kg

e) posição do centro de gravidade do fundo.

Como os dois bordos são iguais e simétricos, em relação a linha de centro e ao plano que passa por $\frac{L}{2}$ (ver figura abaixo), basta calcular a posição



vertical do CG_F, pois longitudinal e transversalmente, o CG já está posicionado sobre o cruzamento da LC com a perpendicular à linha de centro que passa por L/2.

Para se calcular a posição vertical do CG_F, deve-se fazer um balanço da influência dos dois bordos.

	PESO	Z_G	PESO x Z_G
BE	39,27	0,05	1,9635
BB	39,27	0,05	1,9635
Σ	78,54		3,927

$$Z_{CG_F} = \frac{3,927}{78,54} = 0,05 \text{ m}$$

Resultado este que já era esperado, visto que os dois bordos iguais têm a mesma influência na posição do CG do fundo, que deste modo não se modifica.

1.2) Bojo:

a) $\text{área}_B = 5 \times 0,43.$

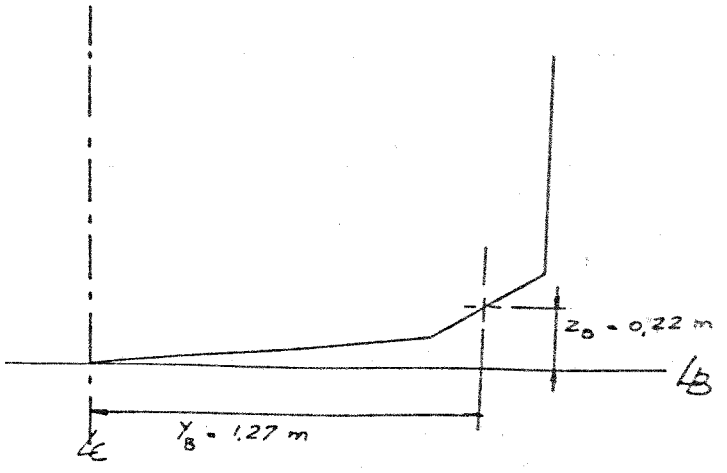
$\text{área}_B = 2,15 \text{ m}^2$ (1 bordo)

b) Posição do centro de gravidade (1 bordo).
calcula-sede maneira análoga a do fundo

$$X_B = \frac{5,0}{2} = 2,5 \text{ m}$$

$Y_B = 1,27$ m

Y_B foi obtido graficamente, isto é, marcando-se no desenho da Seção Mestra do flutuador, o centro de gravidade do bojo (em um bordo apenas) e tomando a medida, em escala, a partir da linha de centro



$Z_B = 0,22$ m

c) Peso (1 bordo):

peso = área x espessura x

espessura do bojo - 4,0 m,

γ = 1,428 kg/m^2.mm

peso = 2,15 x 4 x 1,428

peso = 12,28 kg

d) considerando-se os dois bordos:

$peso_B$ = 2 x 12,28.

$peso_B$ = 24,56kg

e) posição do centro de gravidade:

Devido à simetria entre os bordos, com relação à linha de centro e à perpendicular à LC que passa por L/2, sabemos que longitudinal e transversalmente, o CG está posicionado sobre o cruzamento destas duas linhas.

Para calcularmos a posição vertical do CG do bojo, procedemos de modo análogo ao do cálculo do CG do fundo. Deste modo temos:

Z_B = 0,22 m

1.3) Costado:

a) $área_C$ = 5 x 0,65.

$área_C$ = 3,25 m^2 (1 bordo).

b) posição do centro de gravidade (1 bordo).

Calcula-se de maneira análoga a do fundo e bojo

$X_C = \frac{5,0}{2}$ = 2,5 m

Y_C = 1,475 m

Z_B = 0,675 m

c) Peso de um bordo:

peso = área x espessura x

espessura do costado - 4,0 mm

γ = 1,428 kg/m^2.mm

peso = 3,25 x 4 x 1,428

peso = 18,564 kg

d) considerando-se os dois bordos:

$peso_C$ = 2 x 18,564

$peso_C$ = 37,128 kg

e) posição do centro de gravidade

obtida de modo anãlogo ao do fundo e bojo.

X_C = 2,5 m

Y_C = 0,0 m (sobre a linha de centro)

Z_C = 0,675 m

1.4) Convês.

O convês será estudado como um todo, isto é, sem dividi-lo por bordos, já que é plano e uniforme.

a) área do convês:

$área_D = 3 \times 5 = 15\ m^2$

b) posição do centro de gravidade:

X_D = 2,5 m

Y_D = 0,0 m

Z_D = 1,0 m

c) Peso:

peso = área x espessura x γ

espessura doconvês: 3,5 mm

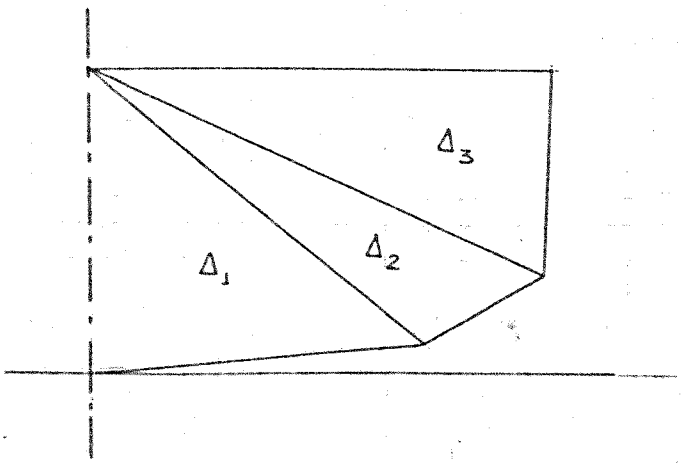
$peso_D = 15 \times 3,5 \times 1,428$

$peso_D = 74,97$ kg

1.5 - Antepara de Vante:

a) área

Para o cálculo da área da antepara de vante deve-se subdividir a antepa
em figuras geométricas cujas áreas sejam facilmente obtidas.



subdividindo um bordo da antepara em três triângulos, temos

área do triângulo = $\frac{\text{base} \times \text{altura}}{2}$

$$\text{área}_{A1} = \frac{1,1 \times 0,995}{2} = 0,54725 \text{ m}^2$$

$$\text{área}_{A2} = \frac{1,59 \times 0,37}{2} = 0,29415 \text{ m}^2$$

$$\text{área}_{A3} = \frac{1,59 \times 0,61}{2} = 0,48495 \text{ m}^2$$

A área total da antepara será:

$$\text{área}_A = 2 \times (\text{área}_{A1} + \text{área}_{A2} + \text{Área}_{A3})$$

$$\text{área}_A = 2,653 \text{ m}^2$$

b) Peso:

peso = área x espessura x γ

espessura das anteparas = 4,0 mm

peso = 2,653 x 4 x 1,428

peso_{AV} = 15,154 kg

c) posição do centro de gravidade:

como aantepara é vertical e simétrica em relação à linha de centro, temos:

$X_A = 5,0$ m

$Y_A = 0,0$ m

resta calcular a posição vertical do centro de gravidade (ZA).

Z_A é obtido calculando-se a composição dos três triângulos escolhidos para subdividir a antepara.

Primeiramente, devemos achar graficamente os centros de gravidade dos triângulos. Depois, tomando-se as alturas de cada CG, montar uma tabela como abaixo:

	ÁREA	ALTURA DO CG	ÁREA x ALTURA
1	0,54725	0,37	0,2025
2	0,29415	0,485	0,1426
3	0,48495	0,78	0,378
	1,3265		0,7234

$$Z_A = \frac{0,7234}{1,3265} = 0,545 \text{ m}$$

1.6) Antepara de ré.

A antepara de ré, por ser idêntica à de vante, tem exatamente os mesmos valores já calculados em 1.5), portanto:

$\text{área}_{AR} = 2,653\ m^2$

$\text{peso}_{AR} = 15,154\ kg$

posição do centro de gravidade:

$X_A = 0,0\ m$

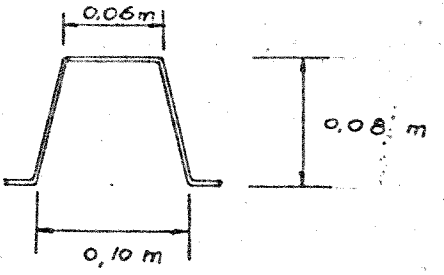
$Y_A = 0,0\ m$

$Z_A = 0,545\ m$

1.7) Cálculo dos reforços:

1.7.1 - Reforços longitudinais:

Seção transversal:



espessura dos reforços; 5,0 mm

a) reforços do fundo.

. perímetro da seção:

p =2 x 0,083 + 0,06

p = 0,226 m

. área de cada reforço.

A = p x comprimento do perfil

A = 0,226 x 5

$A = 1,130\ m^2$

. peso dos reforços:

peso_{RF} = número de reforços x espessura x área x γ

$\text{peso}_{RF} = 5 \times 5,0 \times 1,130 \times 1,428$

$\text{peso}_{RF} = 40,34\ kg$

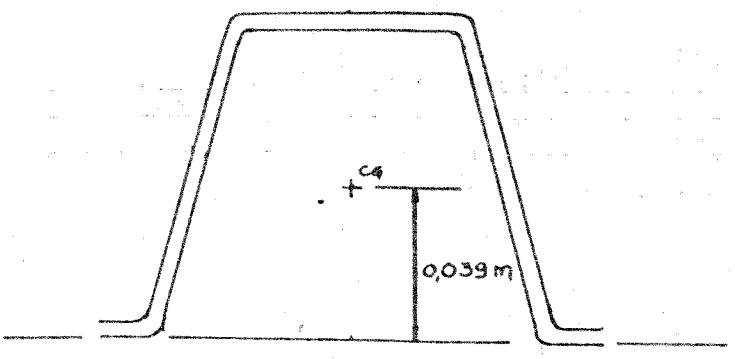
• posição do centro de gravidade:

$X_{RF} = 2,5$ m

$Y_{RF} = 0,0$ m

cálculo de Z_{RF}

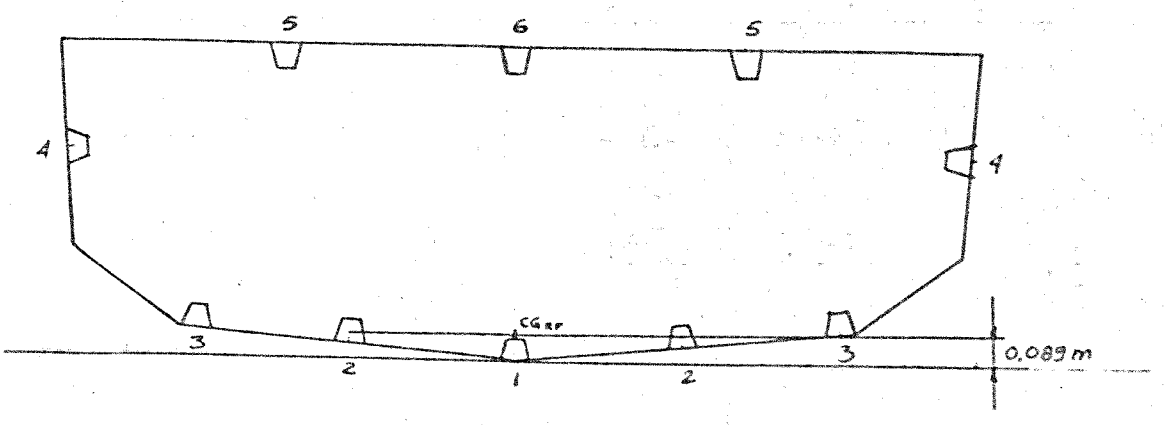
Verificar em escala, a posição do centro de gravidade da seção transversal do reforço



como os reforços do fundo são iguais entre si, o centro de gravidade (para cada bordo) fica sobre o CG do reforço nº 2. Consequentemente, o CG dos cinco reforços ficará sobre o plano diametral ($Y_{RR} = 0,0$) e na altura do CG do reforço nº 2, isto é:

$Z_{RF} = 0,039 + 0,05$

$Z_{RF} \cong 0,089$ m (veja a figura abaixo)



b) reforços do costado:

como os reforços estão posicionados na metade do costado, o centro de gravidade dos reforços fica praticamente sobre o do costado, então temos:

X_{RC} = 2,5 m

Y_{RC} = 0,0 m (sobre o plano diametral)

Z_{RC} =0,675 m

. Peso dos reforços do costado.

$peso_{RC}$ = 2 x 5,0 x 1,130 x 1,428

$peso_{RC}$ = 16,14 kg

c) Reforços do convês:

a posição do centro de gravidade dos reforços do convês é dada por:

X_{RD} = 2,5m

Y_{RD} = 0,0 m

Z_{RD} = 1,0 - 0,039

Z_{RD} = 0,961 m

peso dos reforços do convês:.

$peso_{RD}$ = 2 x 5,0 x 1,130 x 1,428

$peso_{BD}$ = 16,14 kg

d) anteparas transversais:

transversalmente, o flutuador é reforçado por duas anteparas idênticas às de vante e de ré, equidistantes em relação à seção mestra do flutuador (ver figura 1).

Portanto, suas características são:

. peso das duas anteparas:

$peso_{ANT.}$ = 2 x 15,154

$peso_{ANT.}$ = 30,308 kg

. posição do centro de gravidade das duas anteparas:

$X_{ANT.}$ = 2,5 m

$Y_{ANT.}$ = 0,0 m

$Z_{ANT.}$ = 0,545 m

1.8) Cálculo do peso total e da posição do centro de gravidade do flutuador.

utilizando-se a tabela do volume V, torna-se bastante simples este cálculo, bastando preenchê-la corretamente.

ITEM	PESO	X_G	Y_G	Z_G	1 x 2	1 x 3	1 x 4
FUNDO	78,54	2,5	0,0	0,05	196,35	-	3,927
BOJO	24,36	2,5	0,0	0,22	61,4	-	5,4032
COSTADO	37,128	2,5	0,0	0,675	92,82	-	25,0614
CONVÊS	74,97	2,5	0,0	1,0	187,425	-	74,97
ANT. VANTE	15,154	5,0	0,0	0,545	75,77	-	8,258
ANT. RÉ	15,154	0,0	0,0	0,545	-	-	8,258
REF. FUNDO	40,34	2,5	0,0	0,089	100,85	-	3,59
REF. COSTADO	16,14	2,5	0,0	0,675	40,35	-	10,89
REF. CONVÊS	16,14	2,5	0,0	0,961	40,35	-	15,51
ANT. TRANSV.	39,308	2,5	0,0	0,545	75,77	-	16,517
T O T A L	348,434				871,085		

Posição do CG:

$$X_{CG} = \frac{871,085}{348,434} = 2,5 \text{ m}$$

$$Y_{CG} = 0,0 \text{ m}$$

$$Z_{CG} = \frac{172,3846}{348,434} = 0,495 \text{ m}$$

MASTREAÇÃO

1. CÁLCULO DAS FORÇAS QUE AGEM NO MASTRO.

Já vimos que de acordo com a velocidade do vento temos uma determinada pressão agindo na vela. No entanto, para o cálculo da mastreação, usaremos uma pressão constante de 5 kg/m^2 para a vela grande e genoa em barcos armados em sloop e 10 kg/cm^2 nas velas de barcos armados em YAWL.

Na figura 60 mostramos os diversos tipos de mastreação, e na figura 61 a nomenclatura dos diversos elementos que compõem o que chamamos de mastreação.

Para facilidade de aprendizado, faremos o cálculo em forma de passos acompanhados de exemplos numéricos.

~~Claculemos então a mastreação mostrada na figura 62.~~

1º Passo:

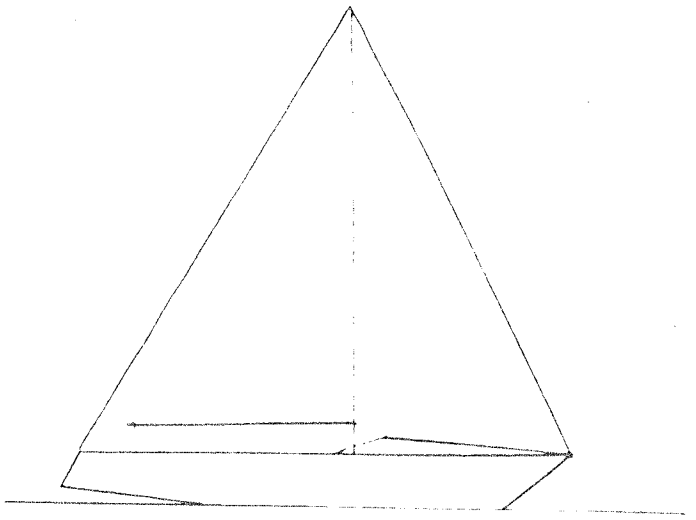
Multiplique a área de cada vela por uma das pressões acima, de acordo com o tipo da mastreação.
No nosso exemplo, temos uma área vélica de 20 m^2 sendo 9 m^2 a grande e 11 m^2 a genoa; logo temos:

Força na grande: 9 m^2 x 5 kg/m^2 = 45 kg
Força na genoa : 11 m^2 x 5 kg/cm^2 = 55 kg

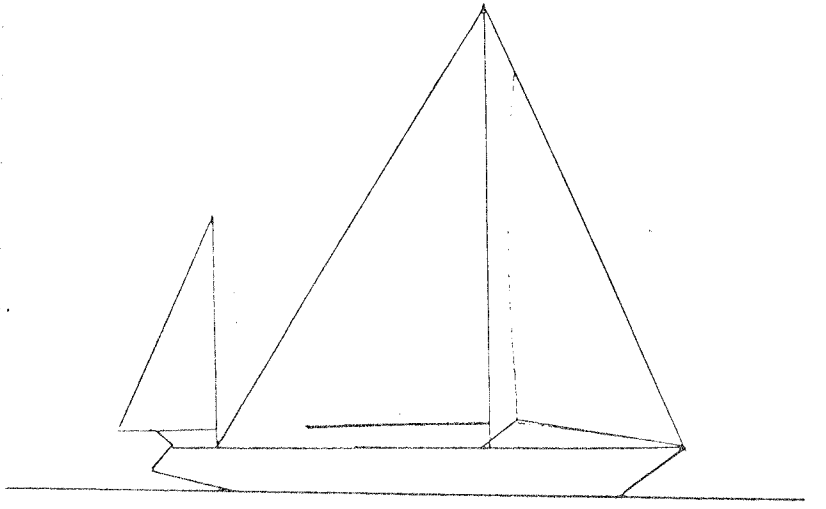
2º Passo:

Divida a força na vela grande pela altura do mastro. Estaremos achando a distribuição da força na grande, ao longo do mastro.
A genoa só se apóia no mastro em um ponto, logo a força da genoa é concentrada num só local, não se necessitando distribuir a força na genoa.

Distribuição da força da grande no mastro: 45 ÷ 7,8 = 5,76 kg/m.



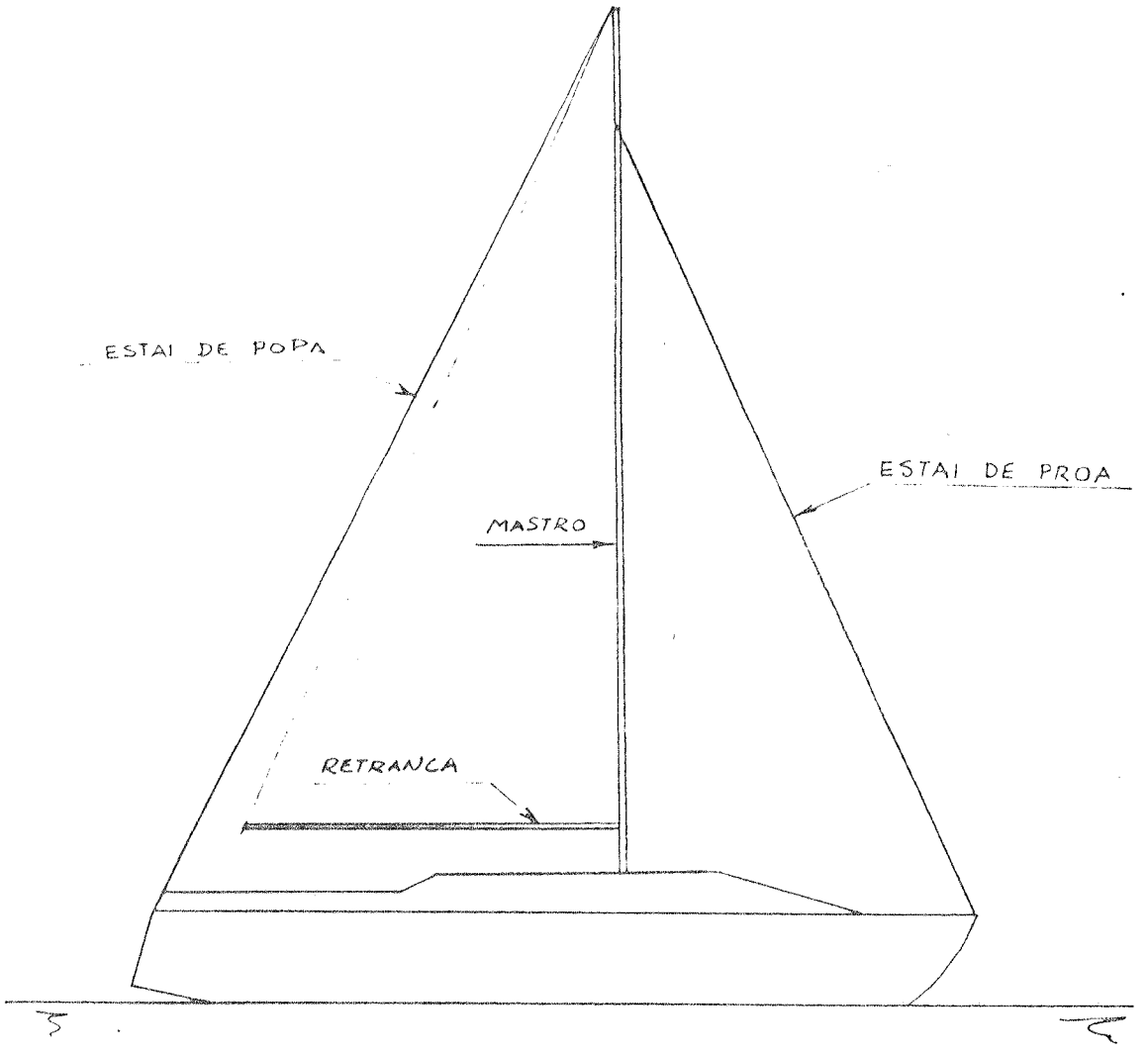
SLOOP

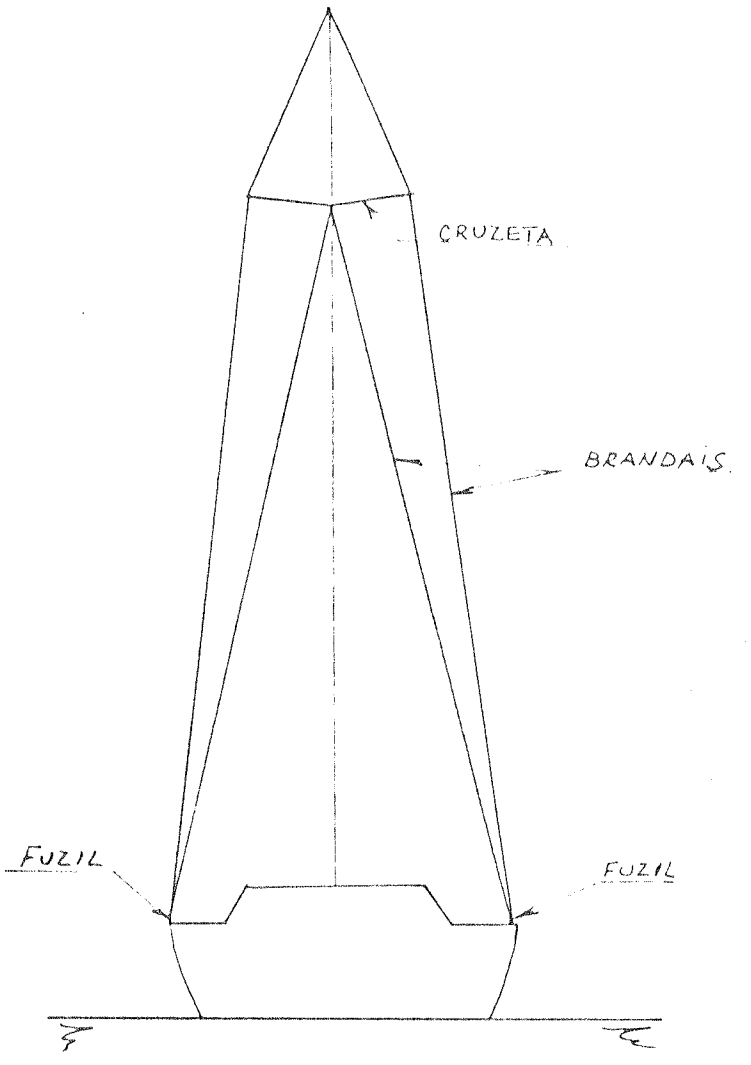


YAWL

FIG 60

FIG 61





ADRIÇAS - CABO QUE SUSPENDE AS VELAS

MOITÕES - ROLDANAS

MORDEDORES - DISPOSITIVO PARA RETER CABOS

CATRACA - DISPOSITIVO MECÂNICO USADO PARA REDUZIR O ESFORÇO NECESSÁRIO AO TRACIONAMENT DE UM CABO

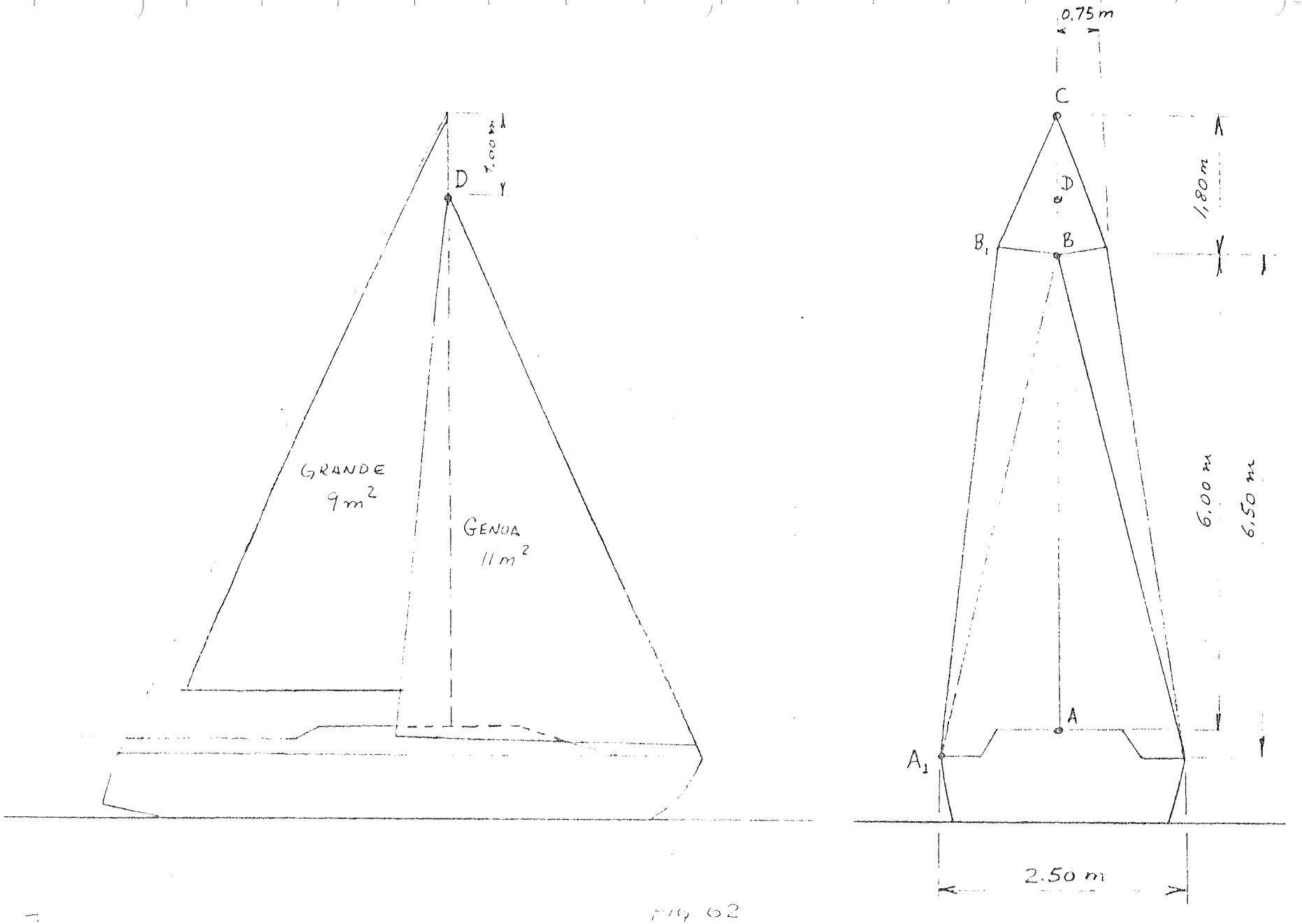

0,75 m
C
D
1,00 m
1,80 m
B1
B
GRANDE
9 m2
GENOA
11 m2
6,00 m
6,50 m
A
A1
2.50 m

Fig 02

3º Passo:

O mastro é considerado se apoiando nas cruzetas; logo temos que achar as forças que agem no vão 1 (que vai do pé do mastro a cruzeta) e as que agem no vão 2 (que vai da cruzeta ao topo do mastro) devidas a vela grande.
Achamos estas forças multiplicando os comprimentos de cada vão pela distribuição da força da grande no mastro:

Vão 1: 6 m x 5,76 kg/m = 34,6 kg
Vão 2: 1,8 m x 5,76 kg/m = 10,4 kg

4º Passo:

Metade da força agindo no vão 1 é suportada pelos pontos A e B e metade das forças agindo no vão 2 é suportada pelos pontos B e C. Veja figura 63.

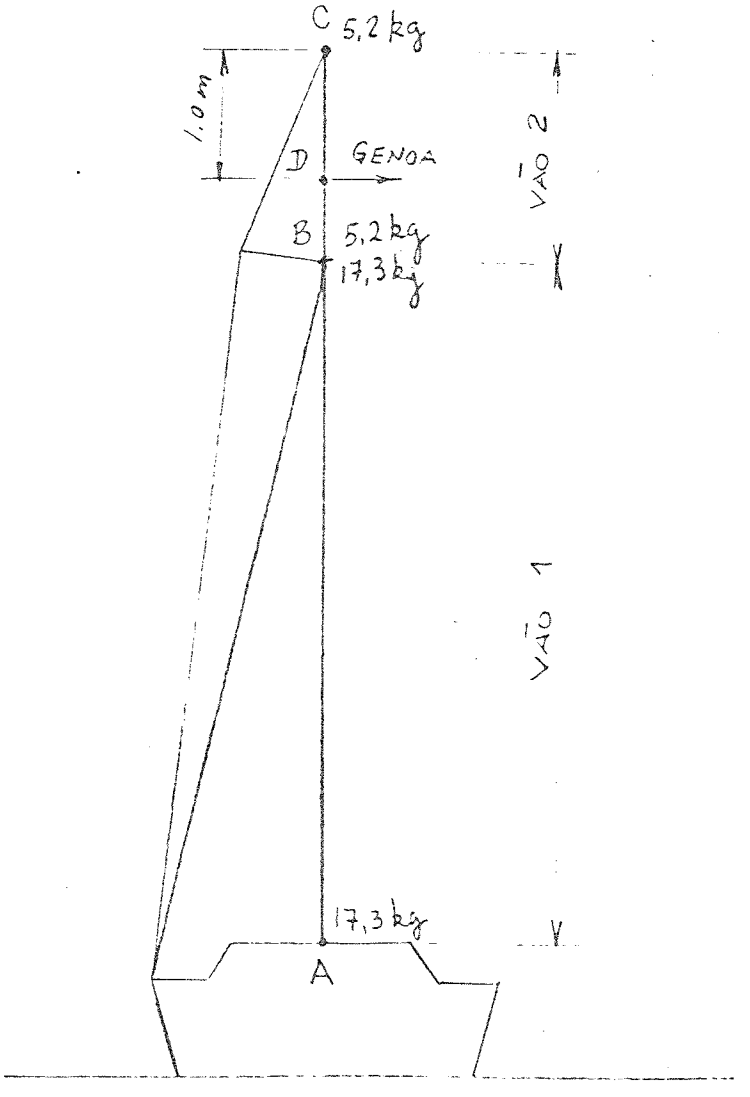


FIG 63

5º Passo:

Pesquisaremos neste passo a força introduzida pela genoa.

A genoa é presa no vão 2 num único ponto e nele consideramos concentrada toda a força agindo nela.
Esta força é suportada pelos pontos extremos do vão. De acordo com a posição do ponto onde está aplicada a força da genoa, as extremidades do vão ficarão maior ou menor solicitadas, isto é, a extremidade do vão mais próxima do ponto onde está fixa a genoa será mais solicitada do que a mais distante.

Vejamos no exemplo numérico como calcular as forças nestas extremidades.

No nosso caso, a genoa se encontra a 1,0 m do topo do mastro, logo está no vão 2 e portanto teremos que achar as forças introduzidas por ela nas extremidades B e C.

Ilustramos na figura 64 o vão BC a posição da genoa e as distâncias envolvidas.

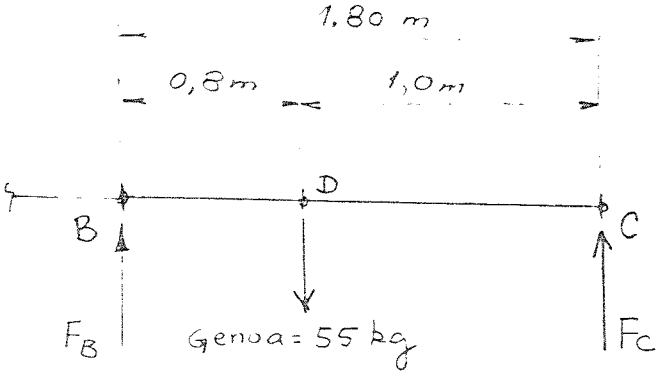


Fig 64

Chamando de F_C a força que a genoa leva à extremidade C teremos:

$$55 \times 0,8 = FC \times 1,8$$
$$\therefore F_C = 24,4 \text{ kg}$$

A extremidade B terá um carregamento devido a genoa de:

$$F_B = 55 - 24,4 = 30,6 \text{ kg}$$

6º Passo:

Resta-nos agora saber a soma de todas as forças que atuam em cada extremidade de vão.
Veja a figura 65, onde representamos em cada extremidade as forças acima achadas.

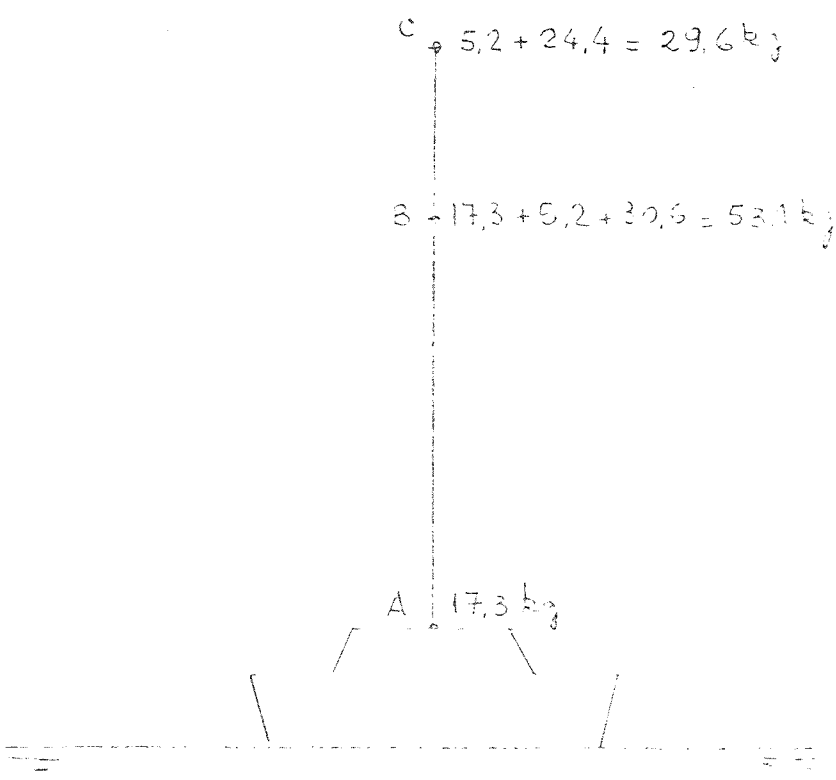


FIG 65

7º Passo:

As forças no ponto C agirão também no ponto B e as de B em A, porisso, somaremos as forças de C às de B e esta à A. Veja a figura 66.

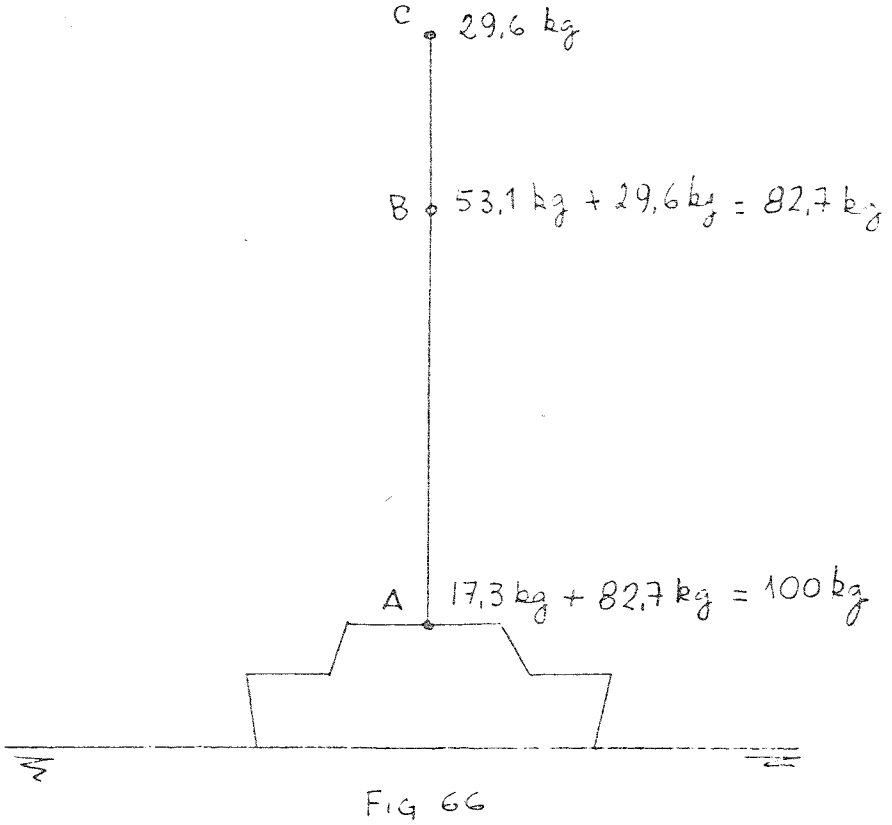


FIG 66

Verificamos que no ponto A a força final é de 100 kg, que corresponde a soma das forças exercidas pela vela grande e genoa e é uma forma de verificarmos se os nossos cálculos estão corretos.

Na figura 67 mostramos que as forças nos cabos são sempre axiais e de tração e no mastro são sempre verticais e de compressão.

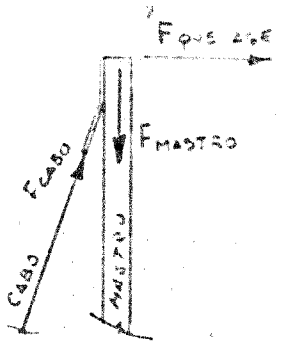


FIG 67

2. DIMENSIONAMENTO DOS BRANDAIS.

Na figura 68 indicamos a geometria dos brandais.

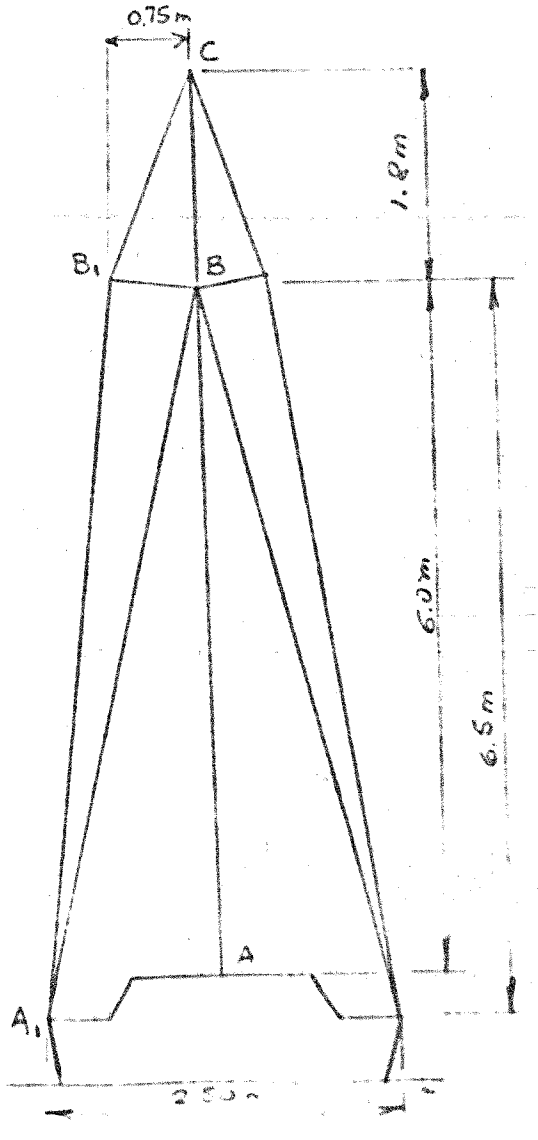


FIG 68

A força em cada brandal será:

$$F = \frac{\text{força horizontal} \times \text{comprimento do brandal de C até } B_1}{\text{comprimento da cruzeta}}$$

Em nosso exemplo, o brandal A_1 B_1 C suporta a força horizontal no ponto C. Usando a fórmula acima para calcular este brandal temos:

$$\text{Comprimento do brandal} = \sqrt{1,8^2 + 0,75^2} = 1,95 \text{ m}$$

$$F = \frac{29,6 \times 1,95}{0,75} = 77 \text{ kg}$$

Para o brandal A_1 B que suporta a força horizontal em B temos:

$$\text{Comprimento do brandal} = \sqrt{6,5^2 + 1,25^2} = 6,62 \text{ m}$$

$$F = \frac{82,7 \times 6,62}{1,25} = 438 \text{ kg}$$

Usamos um fator de segurança de 4,5 para as cargas nos estais. Este fator significa que dimensionamos os cabos dos estais para uma força 4,5 vezes maior que a calculada.
Logo a força suposta agindo no brandal A_1 B_1 C é igual a:

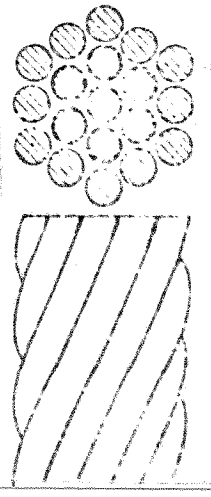
4,5 x 77 kg = 346,5 kg

e a do brandal A_1 B igual a:

4,5 x 438 kg = 1971 kg

Com estes dois valores vamos a tabela da figura 69 que nos fornece para cada diâmetro de cabo inox. a força que ele resiste e escolhemos o diâmetro de um cabo que suporte a força calculada acima.

No nosso exemplo, entramos com os valores 346,5 kg e 1971,0 kg e escolhemos os cabos com diâmetros de 2,4 mm e 4,7 mm respectivamente, que suportam cargas de 544 kg e 2131 kg. (CABO 1x19).



Ø mm.	1x19	7x19	
	INOX	INOX	GALV.
1.6	250	218	
2.4	544	417	
3.2	952	862	816
4.0	1497	1180	1134
4.7	2131	1770	1724
5.6	2858	2359	2313
6.3	3720	2974	2948
7.1	4672	3629	3583
7.9	5670	4082	4400
9.5	7983	5443	6486
11.1	10614	7394	
12.7	13472	10342	
14.3	16783		
15.9	20862		

NOTAS: 1) O CABO 1x19 É CONHECIDO POR RÍGIDO E O 7x19 COMO FLEXÍVEL (USADO PARA ADRIÇAS)

2) OS VALORES INDICADOS SÃO DA CARGA DE RUTURA E ESTÃO EM kg

3) GALV. SIGNIFICA: CABO GALVANIZADO

FIG 69

3. DIMENSIONAMENTO DO MASTRO.

A força de compressão no mastro em cada extremidade de vão é dada pela fórmula:

$$F = \frac{\text{força horizontal na extremidade x comprimento do vão.}}{\text{comprimento da cruzeta}}$$

Sendo assim, temos no ponto C a seguinte força de compressão:

$$F_C = \frac{29,6 \times 1,8}{0,75} = 71,0 \text{ kg}$$

No ponto B teremos:

$$F_B = \frac{82,7 \times 6,5}{1,25} = 430,4 \text{ kg}$$

O esforço de compressão no pé do mastro será a soma da força de compressão em C mais a de B mais os pesos dos cabos e acessórios apoiados no mastro e o esforço de retesar as velas.

No nosso exemplo, temos:

Compressão em C	: 71,0 kg
Compressão em B	: 430,0 kg
Peso do mastro e estais	: 35,0 kg (estimado)
Peso das velas	: 20,0 kg (estimado)
Peso da retranca	: 6,0 kg (estimado)
Peso das adriças	: 10.0 kg (estimado)
Força para retesar as adriças	: 60,0 kg (3 vezes o peso das velas)
Força absorvida pelos moitões	: 30,0 kg (estimado)

TOTAL .....662 kg

Vemos então que o mastro suporta uma força de compressão de 662 kg.

Vemos normalmente um fator de segurança igual a 4 para o dimensionamento do mastro.

Portanto, chamando de F_M a força total para a qual calcularemos o mastro, temos:

$$F_M = 4 \times 662 \text{ kg} = 2648 \text{ kg}$$

Com o valor de F_M achamos o momento de inércia mínimo necessário. A seção transversal do mastro, pela fórmula:

$$I_{MIN} = \frac{F_M \times lo^2}{9,86 \times E} \quad (cm^4)$$

Deve-se usar nesta fórmula as seguintes unidades para termos I_{MIN} em cm^4:

$E = kg/cm^2$

$F_M = kg$

$lo = cm$

Na fórmula acima, cada membro significa:

E = módulo de elasticidade do material de que o mastro irá ser feito (para o alumínio E = 703060 kg/cm^2).

I_{MIN} = momento de inércia mínimo da seção escolhida e que depende de geometria desta seção.

lo = vão máximo se o vão tiver sua extremidade superior fixa por um brandal ou duas vezes o valor do vão máximo se a extremidade suprior deste não for fixa por nenhum branda.

No nosso exemplo, temos:

$$I_{MIN} = \frac{2648 \times 650^2}{9{,}86 \times 703060} = 161{,}4 \text{ cm}^4$$

Com este valor iremos às tabelas da figura 70 e tiraremos as dimensões do nosso mastro ou iremos a uma tabela de fabricante de mastros e com este valor escolheremos o perfil necessário.

Nº	SEÇÃO cm x cm x mm	PESO kg/m	INÉRCIA MÍNIMA cm⁴
1	34.3 x 21.6 x 5,6	13.0	2977
2	30.5 x 20.3 x 5.6	11.8	2349
3	29.2 x 20.3 x 5.6	11.5	2239
4	29 x 16.4 x 5.6	10,5	1335
5	25.4 x 15.2 x 5.6	9.4	1056
6	24.1 x 15.2 x 4.8	7.9	874
7	23.5 x 14.0 x 4.8	7.4	707
8	21.6 x 12.7 x 4.8	6.8	529
9	21.6 x 11.4 x 3.4	4,6	305
10	20.3 x 11.4 x 4.8	6.3	396
11	19 x 11.4 x 5	4.0	376
12	19 x 10.1 x 4	4.8	243
13	19 x 10.1 x 2.5	3,1	162
14	17.8 x 9.5 x 2.4	2,7	124
15	15.2 x 8.9 x 3.3	3.3	126

FIG 70

Em nosso exemplo, vemos pela tabela da figura 70 que um mastro com o perfil 13 atende ao valor $I_{MIN} = 161{,}4 \text{ cm}^4$, logo, nos serve.

4. DIMENSIONAMENTO DAS CRUZETAS.

As cruzetas são sujeitas a compressão devido a força introduzida pelo brandal.

Podemos facilmente calcular esta força conhecendo-se o tamanho da cruzeta, a força atuando no brandal e o comprimento do brandal.

$$F = \frac{\text{comprimento da cruzeta} \times \text{força no brandal}}{\text{comprimento do brandal}}$$

No nosso exemplo temos:

$$F = \frac{0,75 \times 346,5}{1,94} = 133,3 \text{ kg}$$

Achada a força de compressão na cruzeta usaremos a fórmula abaixo para dimensionarmos a área da seção transversal (A_{ST}) da cruzeta.

$$A_{ST} = \frac{\text{força na cruzeta}}{\sigma}$$

onde σ = tensão de compressão admissível no material de que se vai fazer a cruzeta.

- para o alumínio $\sigma = 400 \text{ kg/cm}^2$
- para a madeira $\sigma = 50 \text{ kg/cm}^2$

Para o nosso exemplo (usando o alumínio) temos:

$$A_{ST} = \frac{346,5}{400} = 0,866 \text{ cm}^2$$

Um tubo de alumínio com 3 cm de diâmetro e uma parede de 2 mm tem uma $A_{ST} = 0,911 \text{ cm}^2$ que atenderia ao valor calculado.

5. DIMENSIONAMENTO DA RETRANCA.

5.1 - Processo.

Podemos utilizar o gráfico da fig.71 como base para a escolha do módulo da seção da retranca.

Neste gráfico, o eixo horizontal representa o valor do módulo da seção para retrancas de alumínio e o vertical área da vela grande.

Para conhecermos o módulo de seção da retranca que queremos, vamos com a área da vela grande em m^2 ao eixo vertical e Neste valor passamos uma horizontal até atingirmos a curva. Neste ponto descemos verticalmente até o eixo do módulo da seção e lemos o valor encontrado que é a solução do nosso problema.

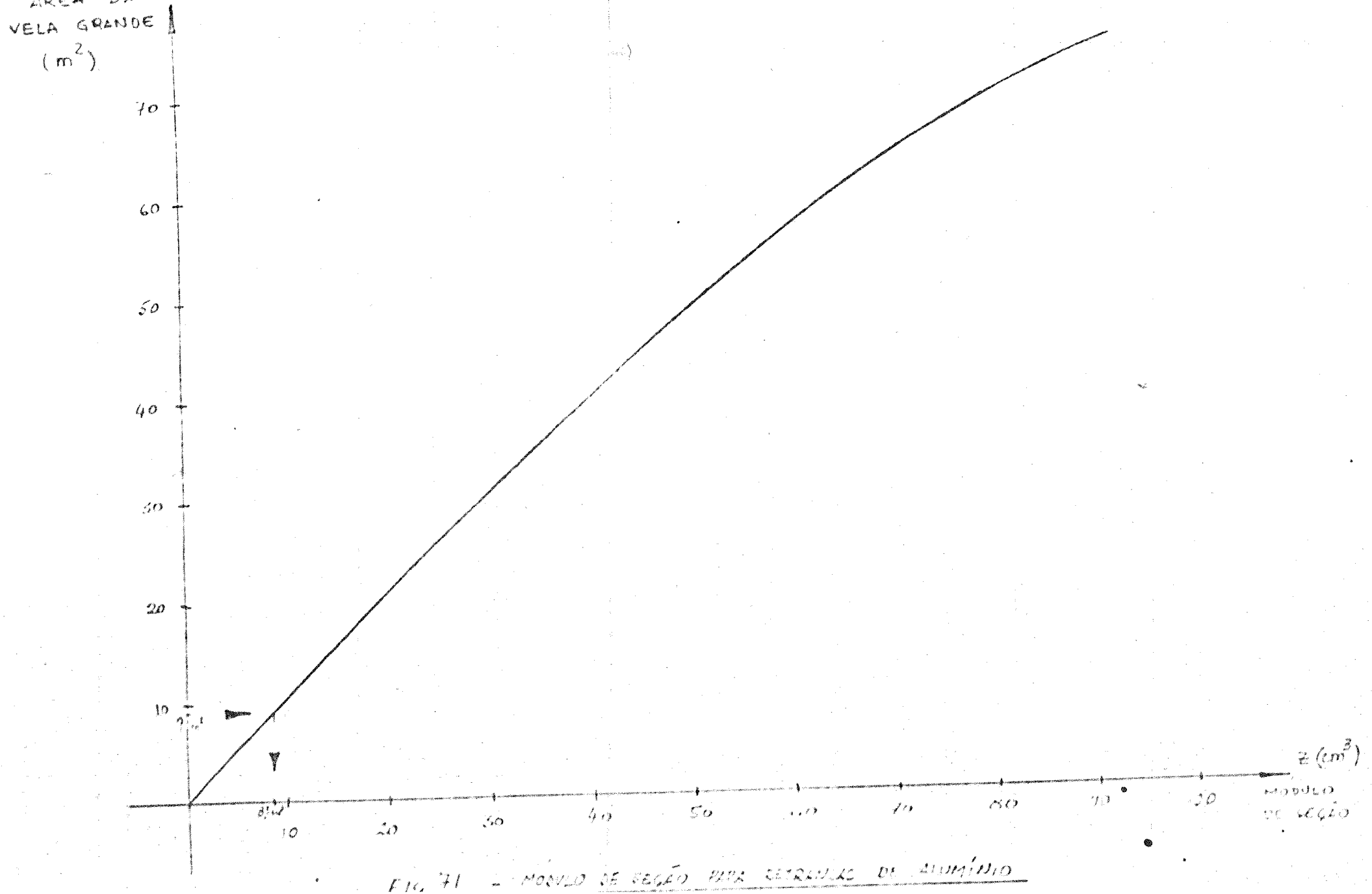


FIG. 71 - MÓDULO DE SEÇÃO PARA CATRACAS DE ALUMÍNIO

No gráfico da figura 71 indicamos a solução para o exercício que estamos fazendo. Nossa vela grande tem 9 m^2. Marcamos este valor no eixo vertical, vamos a curva e descemos para o horizontal e lemos o valor achado que foi de 8,5 cm^3.

5.2 - Momento de inércia e módulo da seção.

São características geométricas da seção transversal do elemento (mastro ou retranca) que estamos analisando.
A tabela da figura 72 nos dá a fórmula para cálculo do momento de inércia de seções circulares, retangulares e quadradas, normalmente adotadas para retrancas em geral e mastros de barcos pequenos.
Mastros de barcos maiores normalmente são escolhidos em tabelas de fabricantes que contêm os momentos de inércia de cada seção fabricada.
O exemplo que estamos desenvolvendo é de um barco de 6,60 m de comprimento total que já pede um mastro de forma especial e que normalmente escolhemos em tabelas de fabricantes.
Porém, para efeito didático, calculemos a seção do mastro do nosso exemplo como se ele fosse circular e a retranca retangular.

No item 3 de nosso seção vemos que o momento de inércia mínimo (I_{MIN}) necessário para o mastro do nosso exemplo é:

$$I_{MIN} = 161,4 \text{ cm}^4$$

A fórmula do momento de inércia para seções circulares ocas de acordo com a figura 72 é:

$$I_{MIN} = 0,7854 \ (R^4 - r^4).$$

Temos então que ir dando valores a R e r de tal modo que aplicados na fórmula, tenhamos o valor 161,4 cm^4.

Suponhamos que:

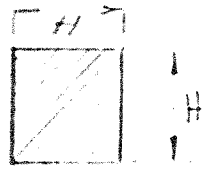
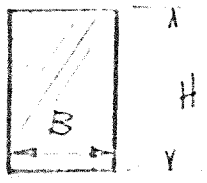
$R = 6,5$ cm

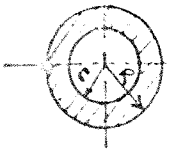
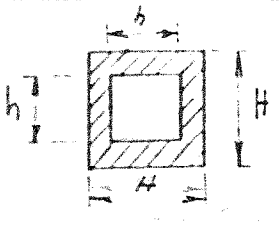
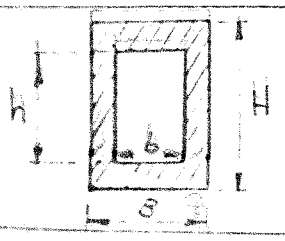
$r = 6$ cm

isto é, verifiquemos qual o valor de I de um tubo de 13 cm de diâmetro externo e 5 mm de espessura.

$$I = 0,7854 \ (6,5^4 - 6,0) = 384 \text{ cm}^4$$

FIG 72

SEÇÕES CHEIAS	ÁREAS	INÉRCIA	MÓDULO DE SEÇÃO.
CIRCULAR	$A = 3{,}14\ R^2$	$I = \frac{3.14\ R^4}{4}$	$J = \frac{3.14\ R^3}{4}$
 QUADRADA	$A = H^2$	$I = \frac{H^4}{12}$	$J = \frac{H^3}{6}$
 RETANGULAR	$A = BH$	$I = \frac{BH^3}{12}$	$J = \frac{BH^2}{6}$

SEÇÕES OCAS	ÁREAS	INÉRCIA	MÓDULO DE SEÇÃO
	$A = 3{,}14\ (R^2 - n^2)$	$I = 0{,}7854\ (R^4 - n^4)$	$J = 0{,}7854\ \frac{(R^4 - n^4)}{R}$
	$A = H^2 - h^2$	$I = \frac{H^4 - h^4}{12}$	$J = \frac{H^4 - h^4}{6H}$
	$A = HB - hb$	$I = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$J = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$

Vemos então que este tubo tem um valor muito acima de que precisamos. Vamos diminuir de 1 mm o valor da espessura. Logo

$$R = 6,5 \text{ cm}$$
$$r = 6,1 \text{ cm}$$
$$I = 0,7854\ (6,5^4 - 6,1^4) \cong 314 \text{ cm}^4$$

Continua alto. Vejamos agora:

$$R = 5 \text{ cm}$$
$$r = 4,5 \text{ cm}$$
$$I = 0,7854\ (5^4 - 4,1^4) = 168 \text{ cm}^4$$

Logo um tubo de 10 cm de diâmetro e 5 mm de espessura tem um momento de inércia de 168 cm^4 e pode ser o nosso mastro, pois é um pouco maior que 161,4 cm^4 que foi o valor calculado.
Do item 5 verificamos que o módulo de seção necessário para nossa retranca é de 8,5 cm^3. Verifiquemos, pelo mesmo processo das tentativas, qual teria que ser as dimensões de nossa retranca. Se escolhermos uma retranca retangular, o módulo de seção J será:

$$J = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$$

Tentemos uma seção com B = 2,5 cm
H = 5,0 cm

$$J = \frac{2,5 \times 5^3 - 2 \times 4,5^3}{6 \times 5} = 4,34 \text{ cm}^3$$

É pequena. Verifiquemos uma outra com:

B = 3 cm
H = 6 cm
b = 2 cm
h = 5 cm

$$J = \frac{3 \times 6^3 - 2 \times 5^3}{6 \times 6} = 11,0 \text{ cm}^3$$

É grande. Calculemos uma com:

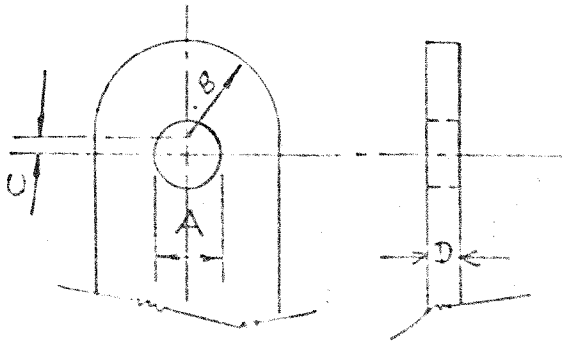
B = 3 cm
H = 6 cm
b = 2,2 cm
h = 5,2 cm

$$J = \frac{3 \times 6^3 - 2{,}2 \times 5{,}2^3}{6 \times 6} = 9{,}4 \text{ cm}^3$$

Vemos então que esta seção atende ao valor J = 8,5 cm^3 necessário, logo, é a solução.

Já vimos então cálculo de mastro, retranca, brandais e cruzetas. Para completar os itens de mastreação falta verificarmos estais de vante e de rê e os fuzis.
Os estais de vante e de rê devem ser iguais ao brandal mais resistente que no nosso exemplo é o de 4,7 mm.

Na figura 73 mostramos uma tabela que usamos para definir a forma dos fuzis de acordo com o cabo que ele vai suportar. Naturalmente os fuzis são de aço inoxidável.



DIAMETRO DO CABO (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
3.2	6.5	9.5	1.5	3.5
4.0	8.0	11.0	1.5	5.0
4.7	9.5	13.0	3.0	5.0
5.6	11.0	14.5	3.0	6.5
6,3	13,0	17.5	3.0	6.5
7,1	13,0	17.5	3.0	8.0
7.9	16.0	20.5	5.0	8.0
9.5	16.0	22.0	5.0	11.0
11.1	19.0	25.5	5.0	13.0
12.7	22.0	30.0	6.5	13.0
14.3	22.0	32.0	6.5	16
15,9	25.5	35.0	6.5	17.5

NOTA: AS DIMENSÕES INDICADAS NA TABELA SÃO PARA PEÇAS EM AÇO INOXIDÁVEL E OS DIÂMETROS SÃO IGUALMENTE DE CABOS INOX.

FIG 73

No nosso exemplo o fuzil de vante e de ré deve ter o formato indicado para o cabo de 4,7 mm. E o fuzil lateral que suporta dois brandais num total de 544 kg + 2131 kg = 2675 kg equivalente a um cabo 1 x 19 de 5,6 mm deve ser dimensionado como se nele houvesse apenas um cabo de 5,6 mm.

Normalmente os fabricantes de equipamentos tais como moitões, mordedores, cabeços, indicam para seus produtos o tamanho dos cabos adequados. Assim, conhecendo-se os diâmetros das adriças, cabos que suspendem as velas, podemos dimensionar os equipamentos.
Para cálculo das adriças podemos considerar que ela deve suportar até quatro vezes o peso das velas.
As adriças podem ser de diversos materiais porém a melhor é a de aço. (7x19)
Na figura 74 mostramos terminais para cabos de aço que facilitam muito o uso deste material.
Finalmente, o aço inox. que deve ser usado é o aço AISI (ASTM) 316L que é específico para uso naval.

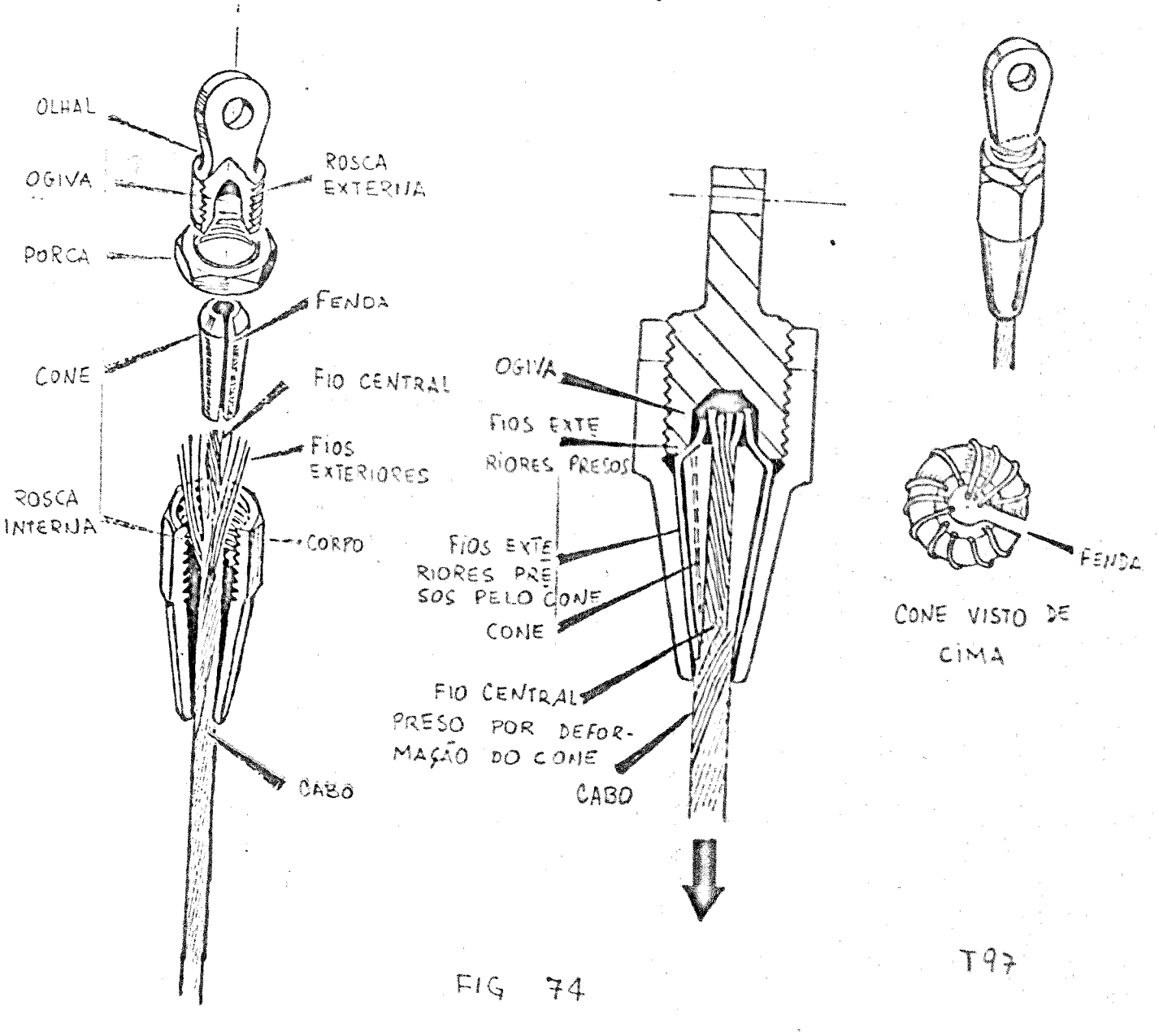


FIG 74

DESACONSELHÁVEL

P/ CABOS FINOS

FIG 75

VOLUME VII - PRÁTICA

CÁLCULO DE ESTABILIDADE

Como já vimos no Volume V, Parte Teórica, o cálculo de estabilidade transversal consiste em acharmos o braço de endireitamento a, para cada ângulo de inclinação do barco, de modo que possamos achar o momento equilibrante M_E respectivo.

O primeiro passo é desenharmos o plano de balizas mostrando as balizas por inteiro.

Neste caso, para não haver muito sobreposição de linhas, faremos dois planos de balizas, sendo que um mostra a baliza 5 e as demais avante e outro a baliza 4 com o restante das balizas a ré como mostrado na Figura 36

O segundo passo é traçar nestes planos de baliza, pelo calado de projeto, uma linha d'água inclinada com o ângulo para o qual estamos pesquisando o braço de endireitamento como indicado na Figura 38

O terceiro passo é calcular a área de cada baliza abaixo da linha d'água inclinada (área achurada na Figura 38)

O quarto passo é calcular o centro de gravidade da área de cada baliza abaixo da linha d'água inclinada.

Um dos métodos seria usarmos a tabela de cálculo de área e centro de gravidade, parte prática do Volume III.

Outro método seria recortarmos numa folha de papel a forma de cada uma das balizas abaixo da linha d'água e acharmos a distância do seu CG A por intermédio de um alfinete e uma linha com um pequeno pêso na sua extremidade, como indicado na Figura 39.

Espetamos o alfinete na baliza recortada de papel tendo o cuidado de que a figura de papel fique bem solta e gire facilmente no alfinete. Haverá uma condição em que a baliza recortada ficará parada em equilíbrio e aí marcaremos nela a reta onde a li

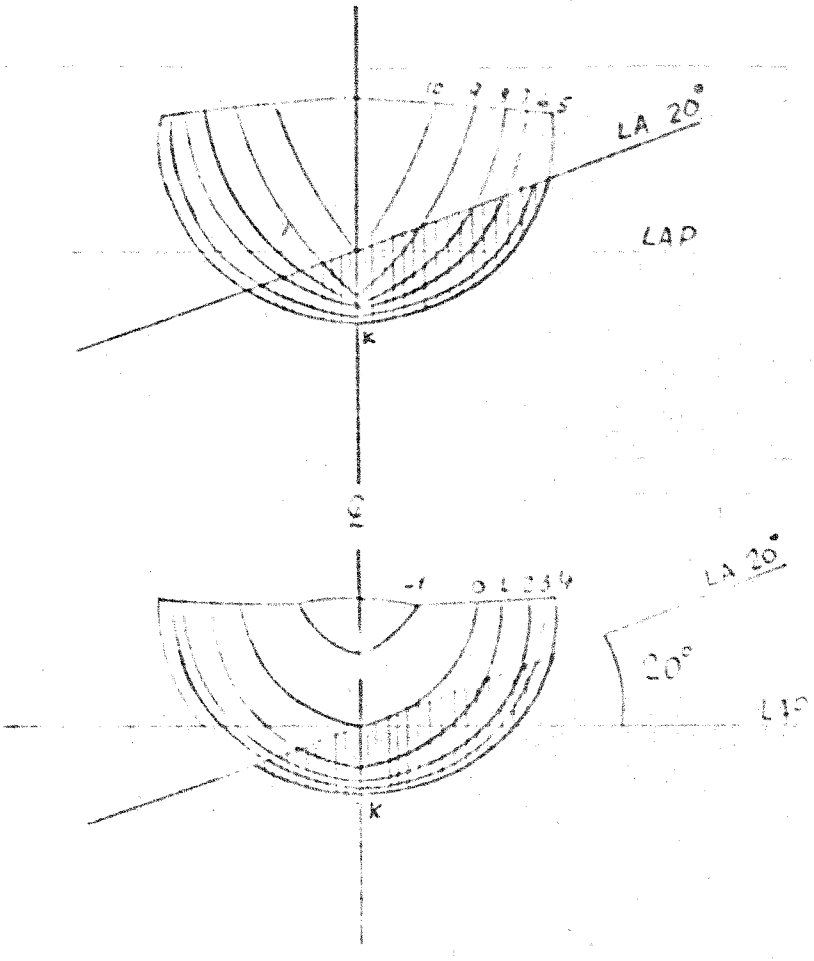


FIG 38

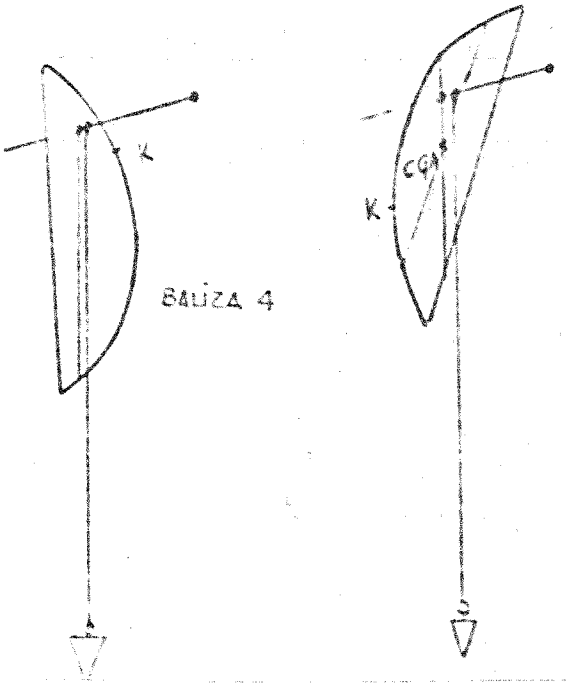


FIG 39

nha com o pêso estará passando. A figura 39 mostra este processo.

Repetimos este mesmo procedimento para outro ponto da mesma baliza e onde as duas linhas marcadas se cruzarem será o centro de gravidade da área imersa. A distância deste CGA até a perpendicular à linha d'água inclinada passando pelo ponto em que o plano diametral corta a baliza é a que queremos. Veja Fig 40

Com estes dados existem vários processos para o cálculo do braço de endireitamento. O mais simples é o que descrevemos a seguir.

a) Traça-se uma linha de base e marca-se as posições das balizas respeitando-se o espaçemtno entre elas.

b) Por cada baliza marca-se numa vertical o valor de sua área.

c) Pelos pontos marcados traça-se uma curva.

d) Acha-se a área sob a curva. Este valor é o volume deslocado pelo barco naquela linha d'água inclinada.

e) Repetimos o passo a) pois iremos traçar nova curva.

f) Por cada baliza marca-se numa vertical o valor da área de cada baliza multiplicada pela distância do seu CG_A, à perpendicular a linha d'água inclinada, que passa por K.

g) Pelos pontos traçados traça-se uma curva.

h) Acha-se a área sob a curva.

i) Divide-se o valor da área achada no passo h) acima pelo volume achado no passo d). O resultado é o braço de endireitamento a. Veja as figuras 41 e 42

Quando calcular o passo d) você verá que o volume calculado para o barco inclinada, mesmo com a linha d'água inclinada passando pelo calado de projeto, não é igual ao volume de projeto, isto acontece devido ao fato de que ao navegar inclinado, o volume imerso do barco muda de forma e, portanto, o barco passa a navegar em outro calado.

Por isso, para cada ângulo de inclinação teremos que repetir todo o procedimento acima para duas linhas d'águas inclinadas do

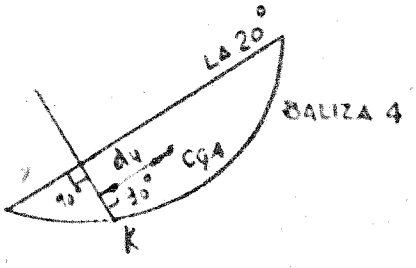


FIG 40

$\int y$ $\quad y$ = área de balizas até a LA 20°

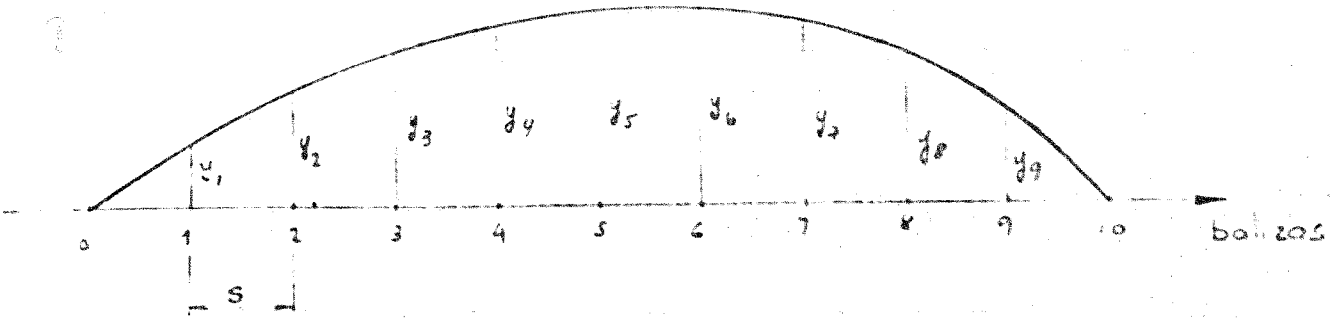


FIG 41

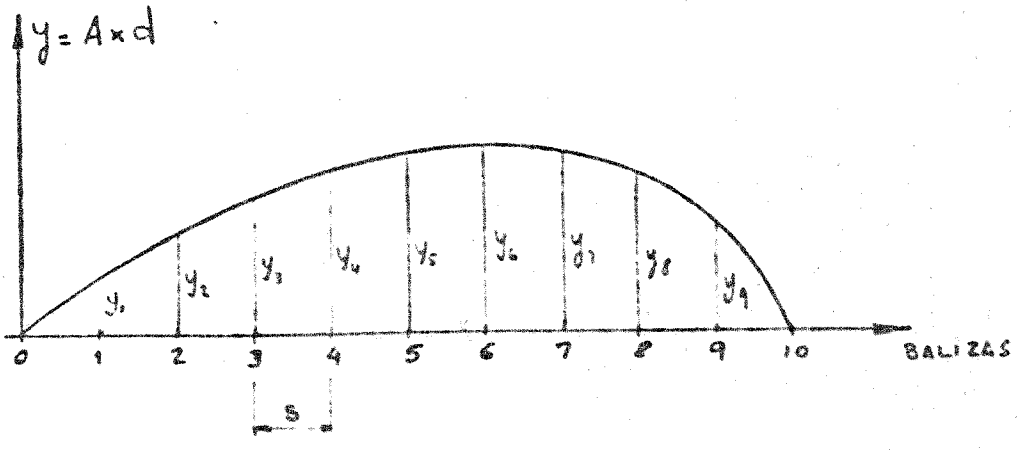


FIG 42

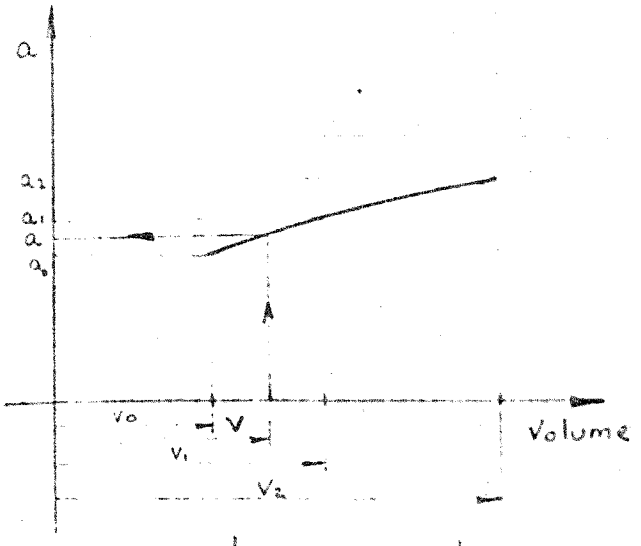
mesmo ângulo porém uma passando ligeiramente acima e outra ligeiramente abaixo do calado de projeto.

Teremos então, para cada ângulo de inclinação do barco, três volumes deslocados e três braços de endireitamento a.

Faremos agora um gráfico no qual colocaremos no eixo horizontal os volumes achados e no vertical os braços correspondentes. Veja Figura 43

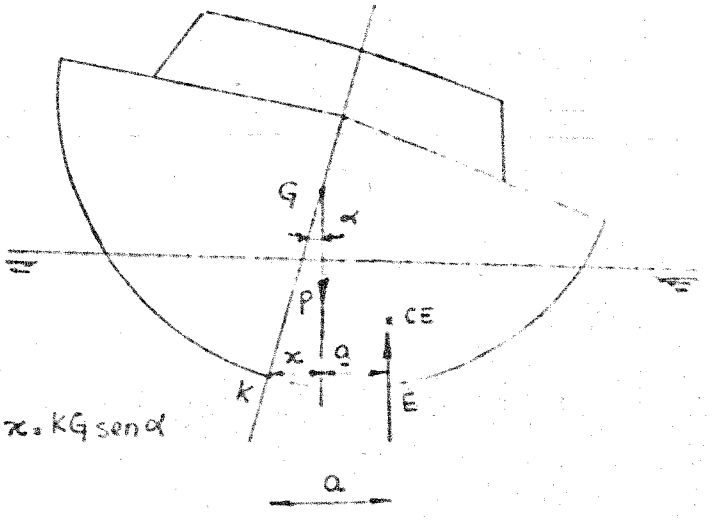
Neste gráfico entramos com o volume correspondente ao deslocamento de projeto e tiramos o nosso braço de endireitamento real referido ao ponto em que o plano diametral corta a baliza.

Temos agora que fazer uma correção pois o CG do barco está a uma determinada altura deste ponto, indicada por KG na Figura 44



V = volume de projeto

FIG 43



braço real = $\underline{a} = a - KG \sin\alpha$

FIG 44

Do braço achado retiramos KG x sen α que é o braço de endireitamento $\underline{a}$ para o ângulo estudado.

$$\underline{a} = a - KG \operatorname{sen} \alpha$$

EXEMPLO RESOLVIDO

A seguir, faremos o cálculo de estabilidade para o nosso baro, porém passaremos a linha d'água inclinada (20°) pelo calado de projeto, a fim de demonstrar a diferença entre o deslocamento calculado e o deslocamento de projeto.

O primeiro passo é traçarmos a linha d'água inclinada no plano de balizas. Para evitar a necessidade de se desenhar dois planos (um para as balizas de ré, outro para as de vante), podemos utilizar apenas o plano já desenhado, como mostrado na figura abaixo.

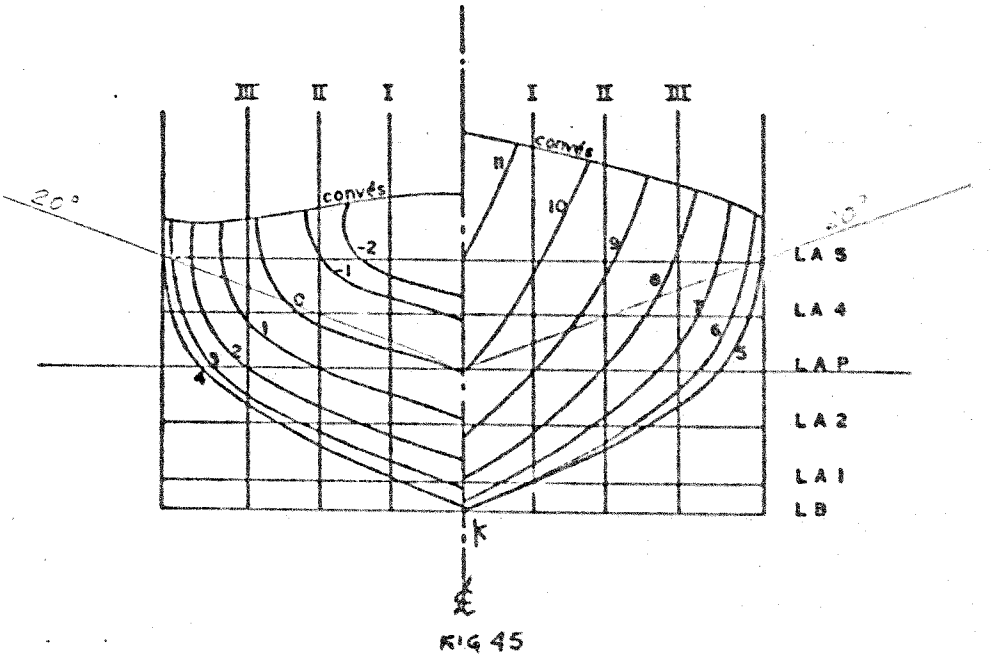


FIG 45

FIG. 45

Podemos observar que a nova linha d'água corta as balizas de 0 a 9, sendo que as demais permanecem fora d'água. A seguir, faremos todas as balizas em questão, com suas áreas e posição dos centros de gravidade de área indicados. Você deverá recortá-las e utilizando o processo descrito anteriormente, confirmar estes valores (terceiro e quarto passos, página 74).

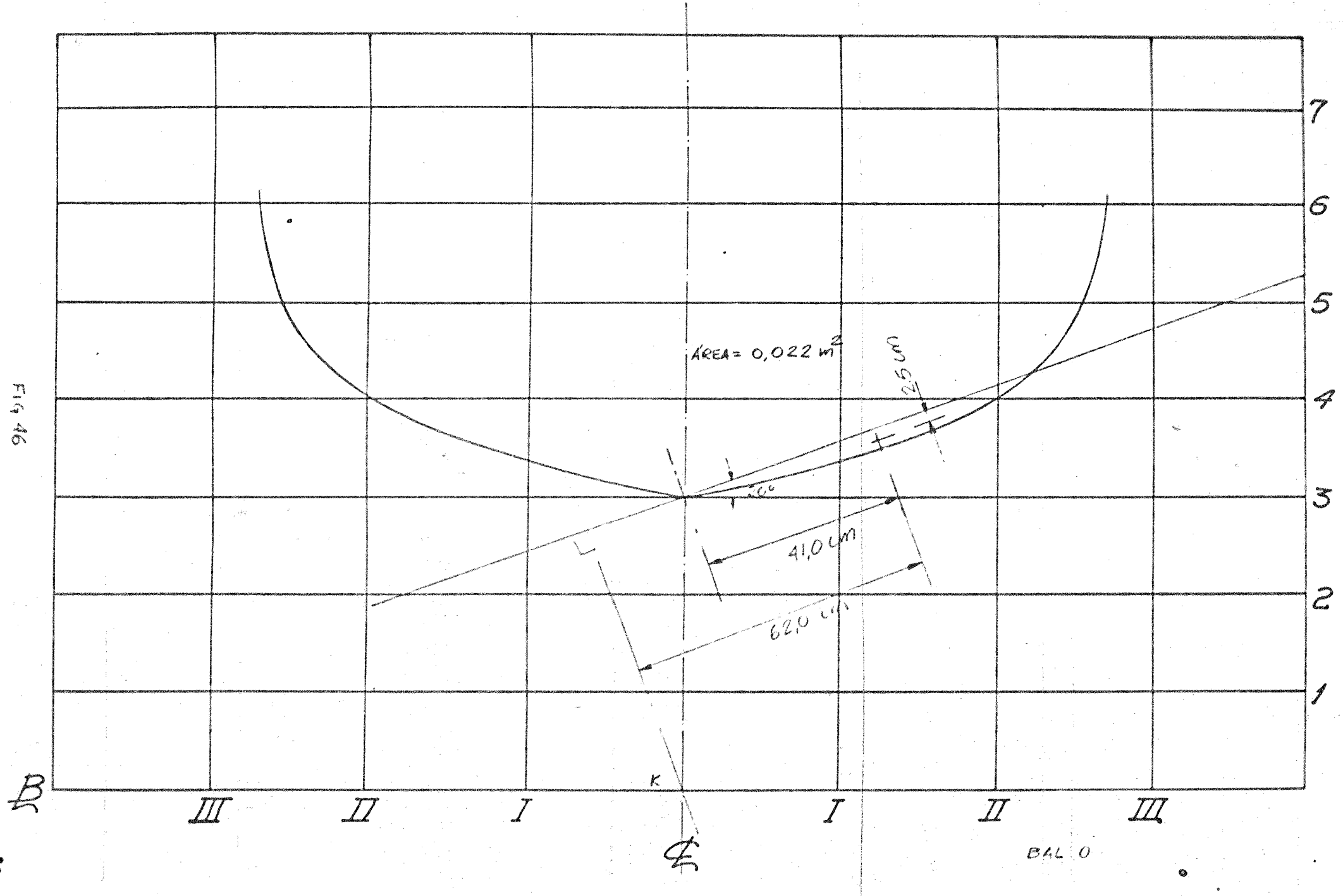

7
6
5
4
3
2
1
ÁREA = 0,022 m²
2,5 cm
10°
41,0 cm
62,0 cm
K
B
III
II
I
I
II
III
BAL O

Fig 46

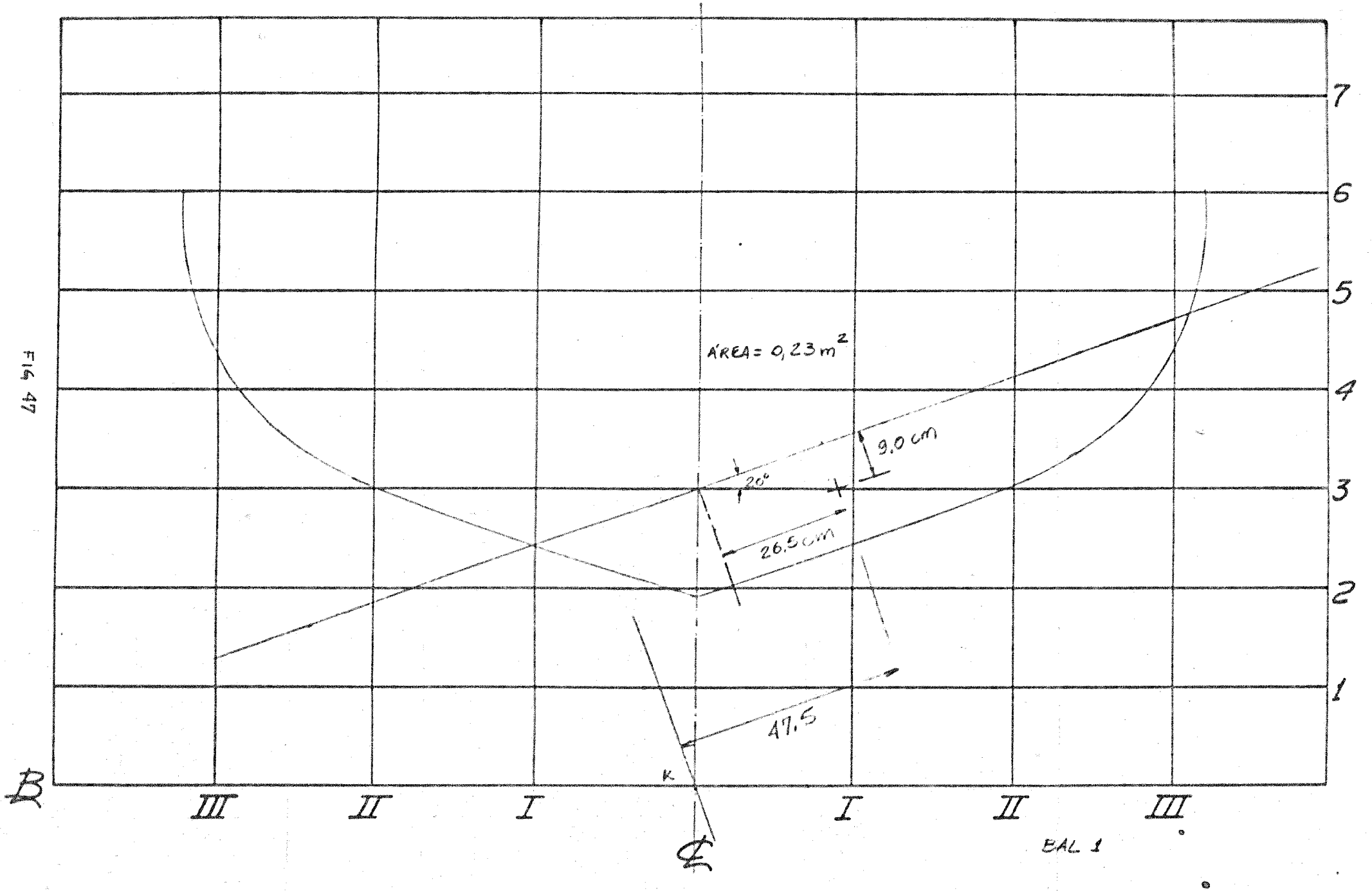
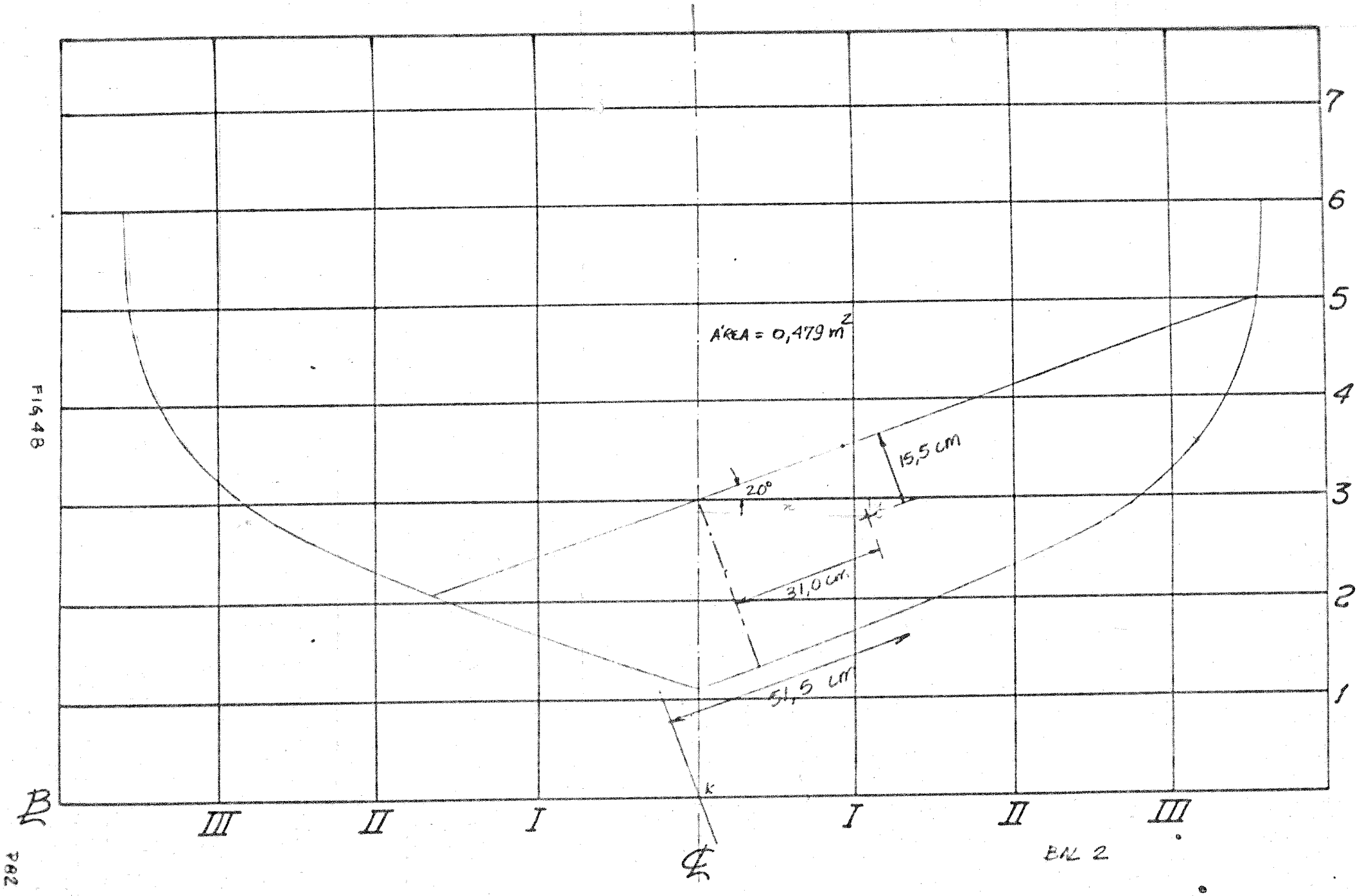


Fig 47



7
6
5
4
3
2
1
A'REA = 0,479 m²
15,5 cm
20°
31,0 cm
51,5 cm
III
II
I
I
II
III
BAL 2

FIG 48

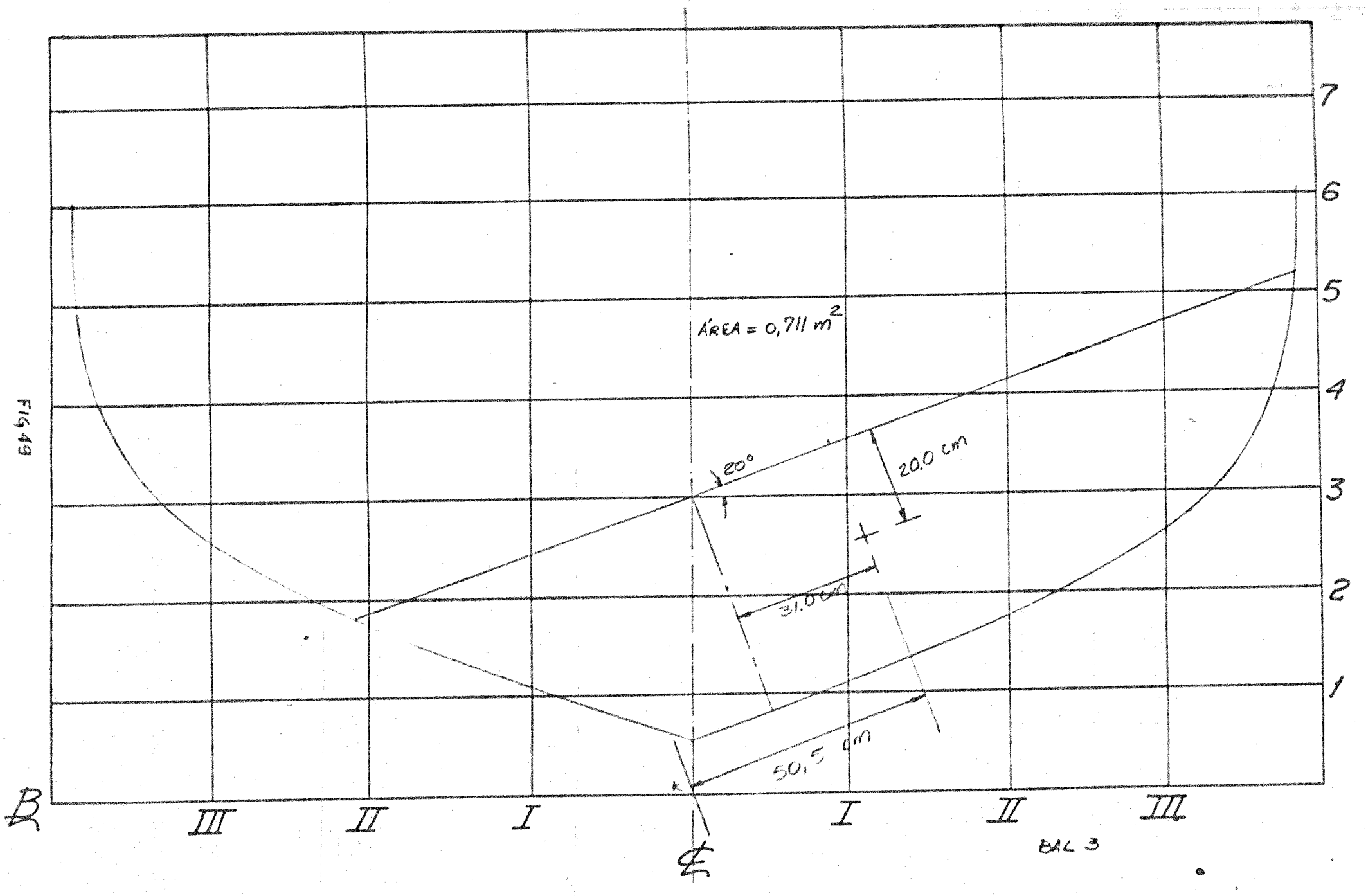
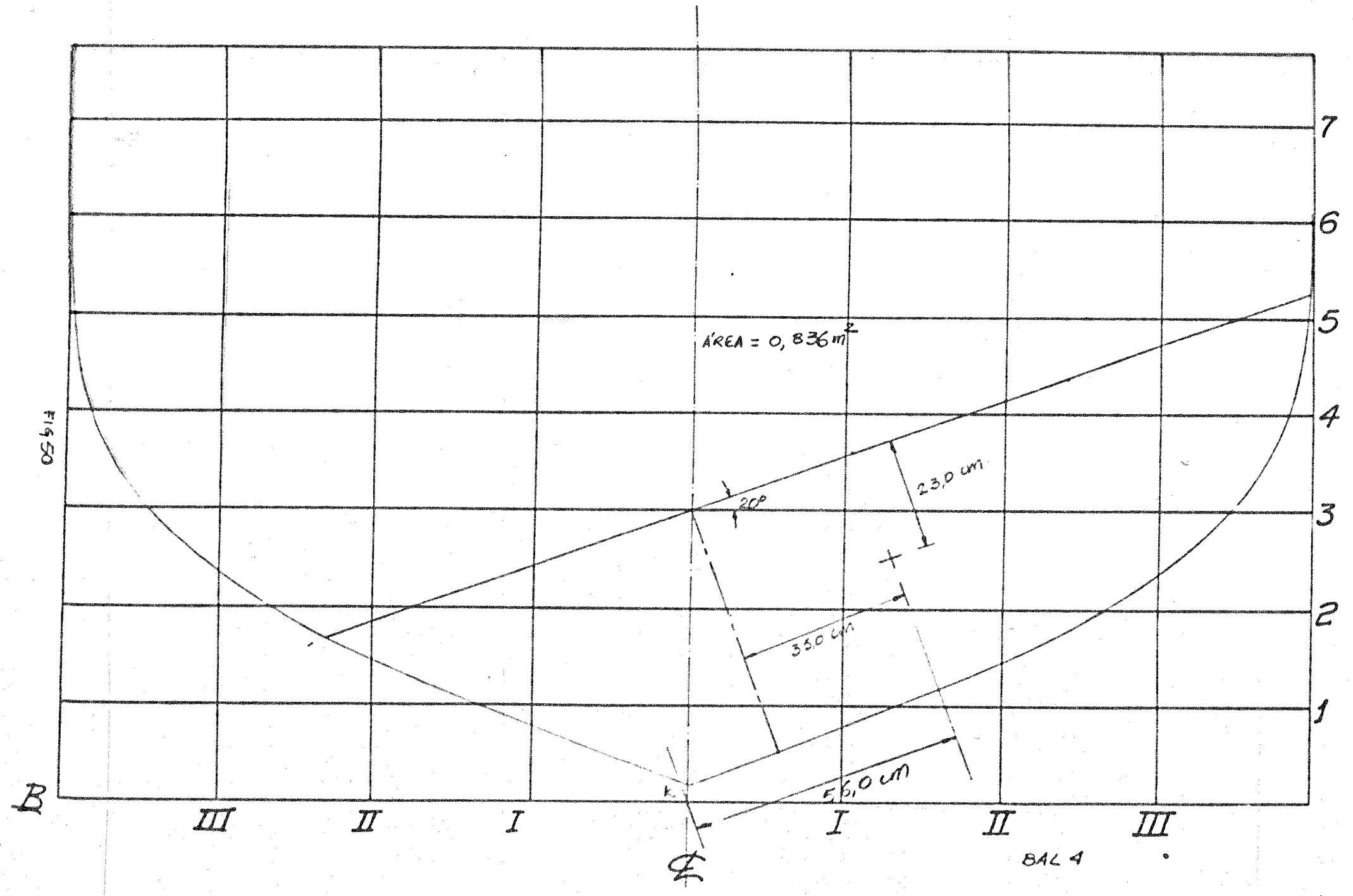


Fig 49

BAL 3

P83


ÁREA = 0,836 m²
20°
23,0 cm
35,0 cm
56,0 cm
7
6
5
4
3
2
1
B
III
II
I
I
II
III
BAL 4

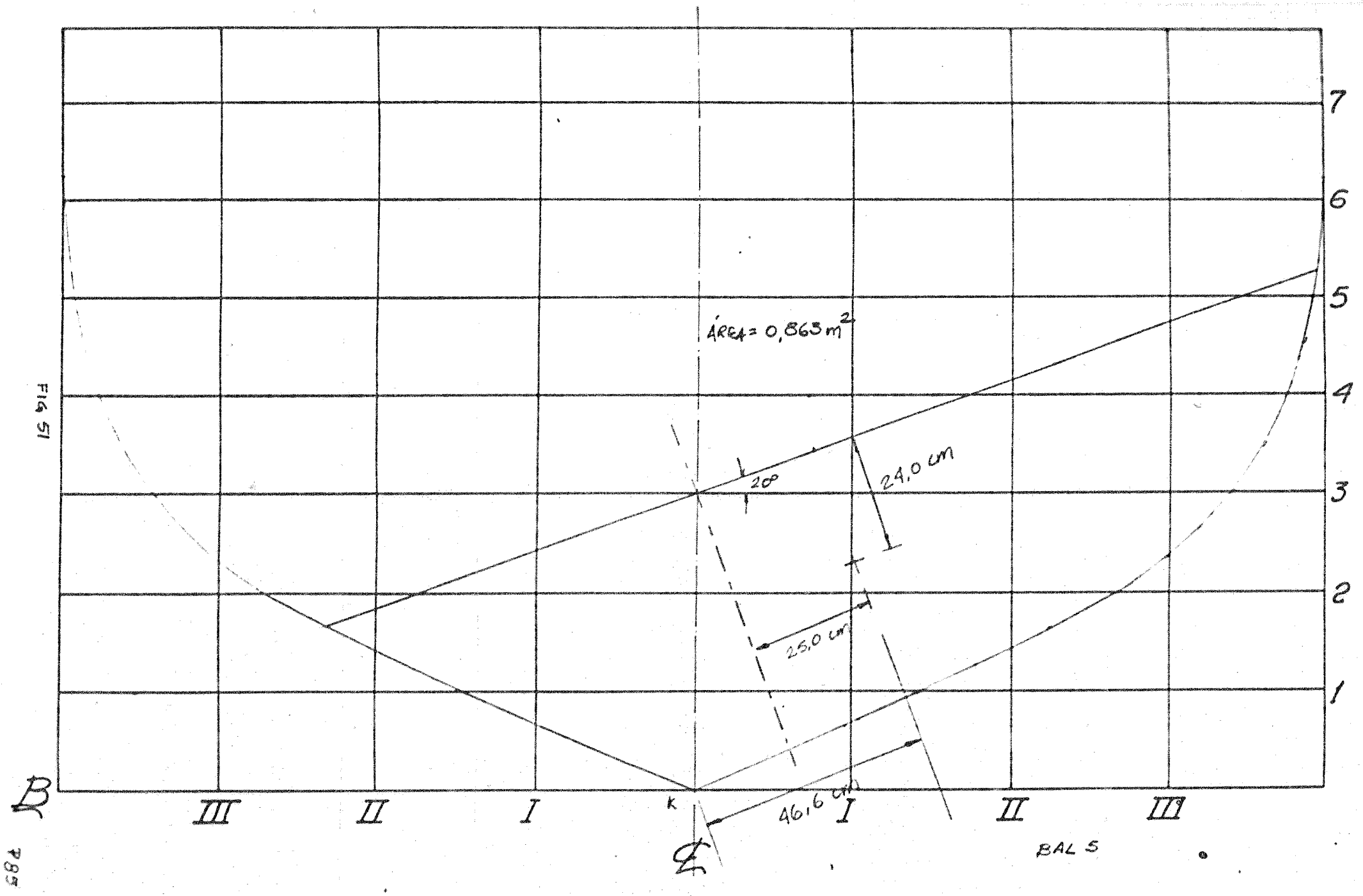

ÁREA = 0,863 m²
20°
24,0 cm
25,0 cm
46,6 cm
7
6
5
4
3
2
1
III
II
I
k
I
II
III
B
E
BAL 5

FIG 51

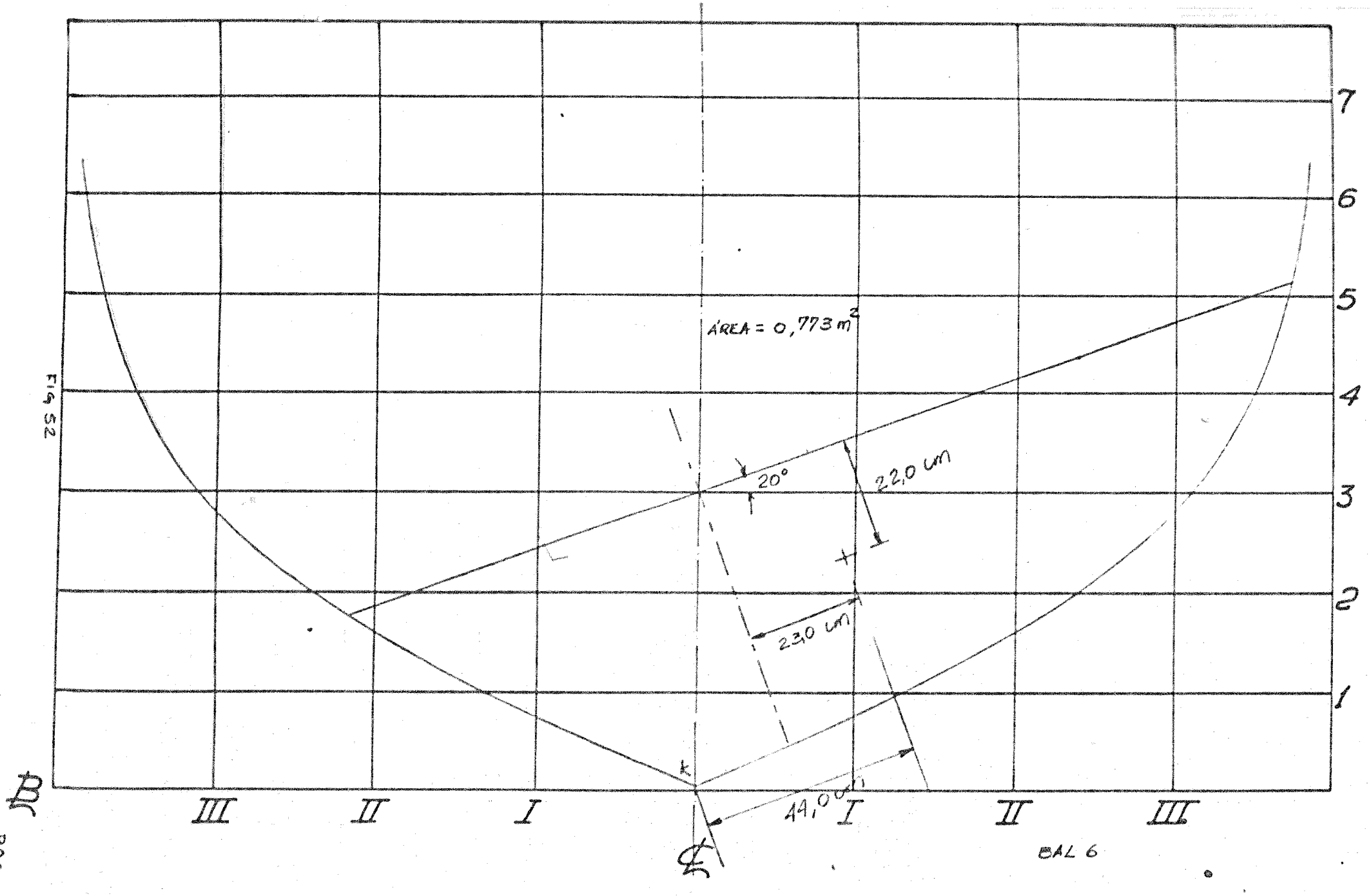

ÁREA = 0,773 m²
20°
22,0 cm
23,0 cm
44,0 cm
7
6
5
4
3
2
1
III
II
I
I
II
III
BAL 6

Fig 52

P86

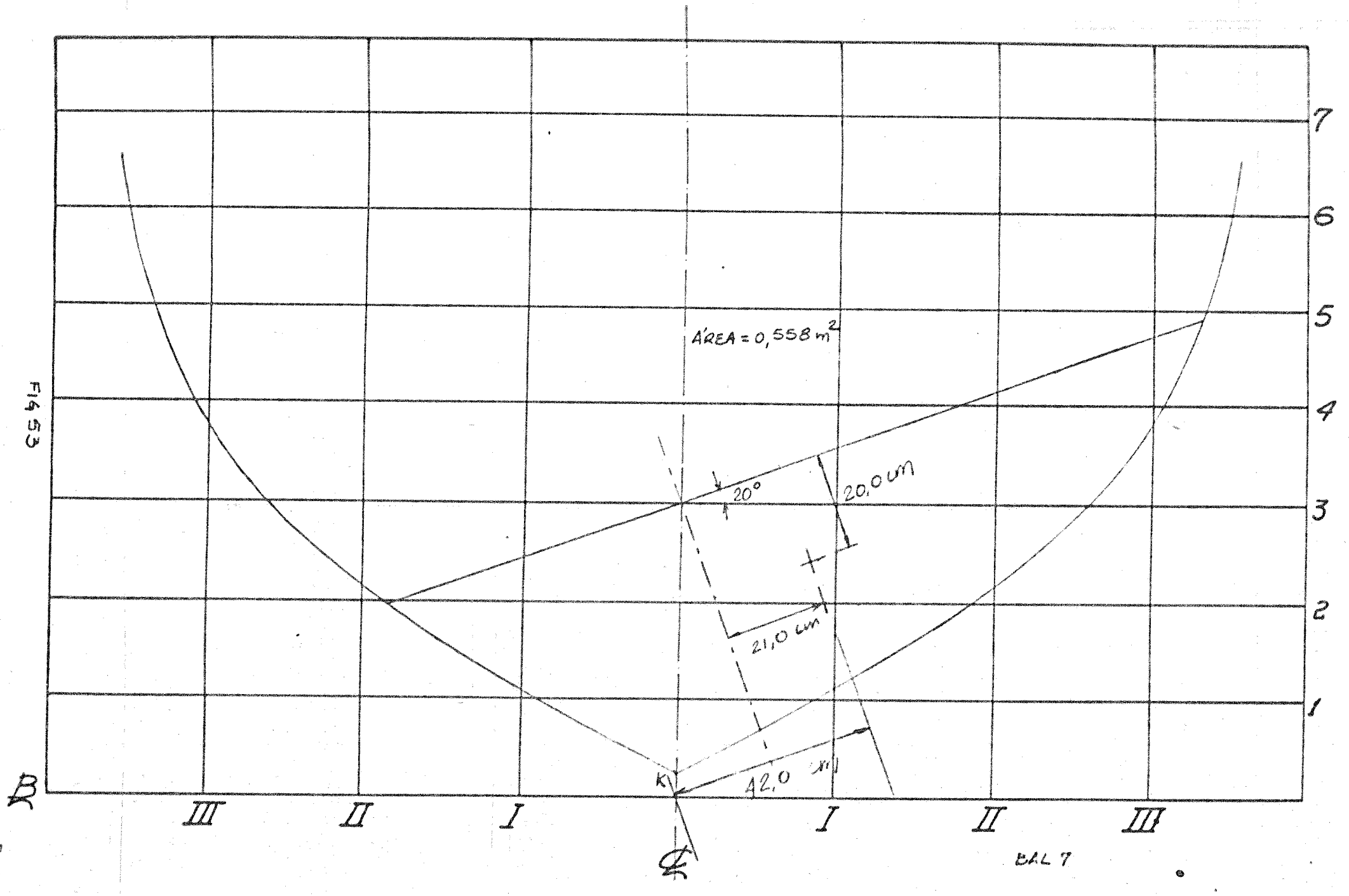


Fig 53

BAL 7

P 87

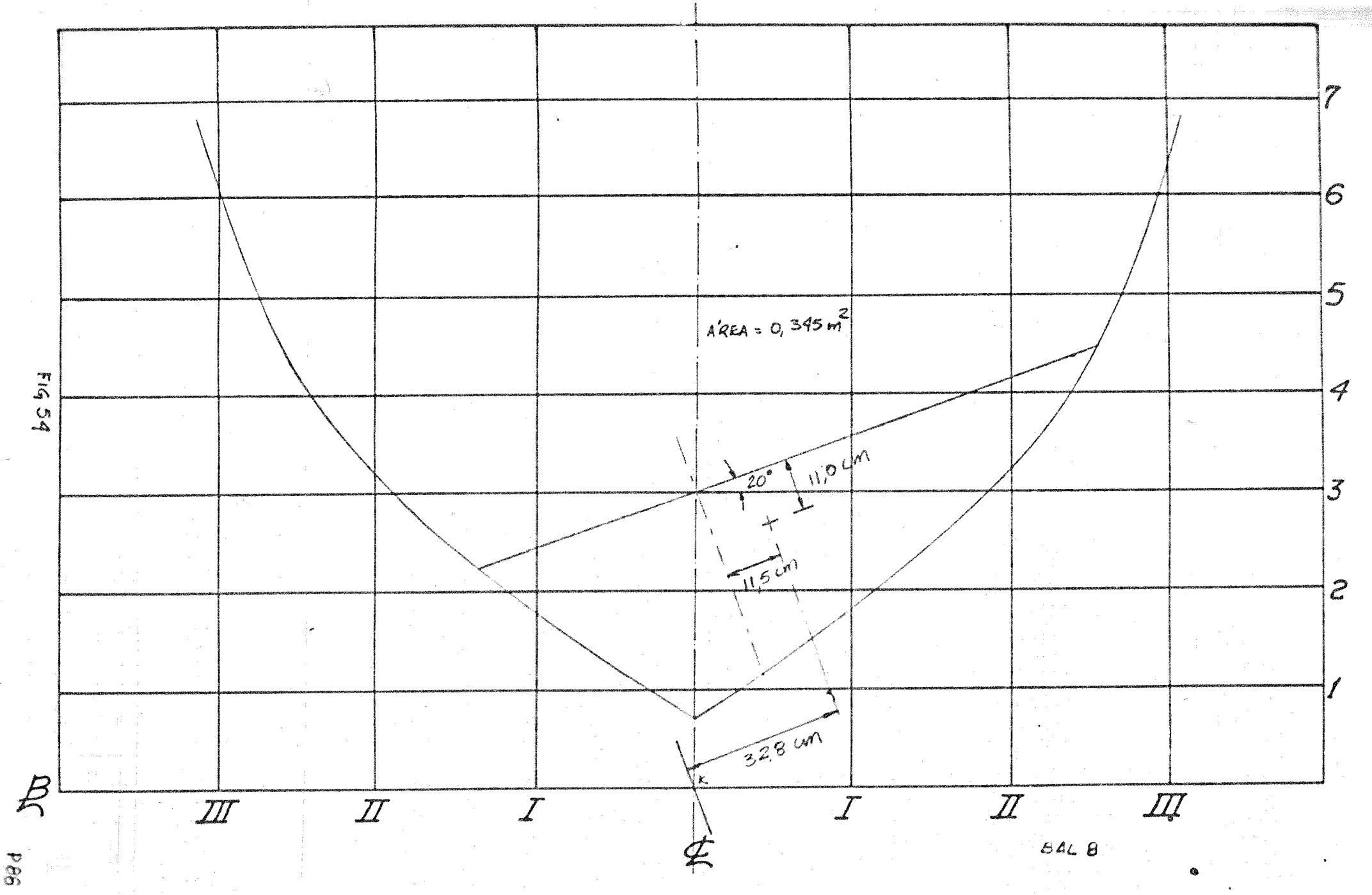
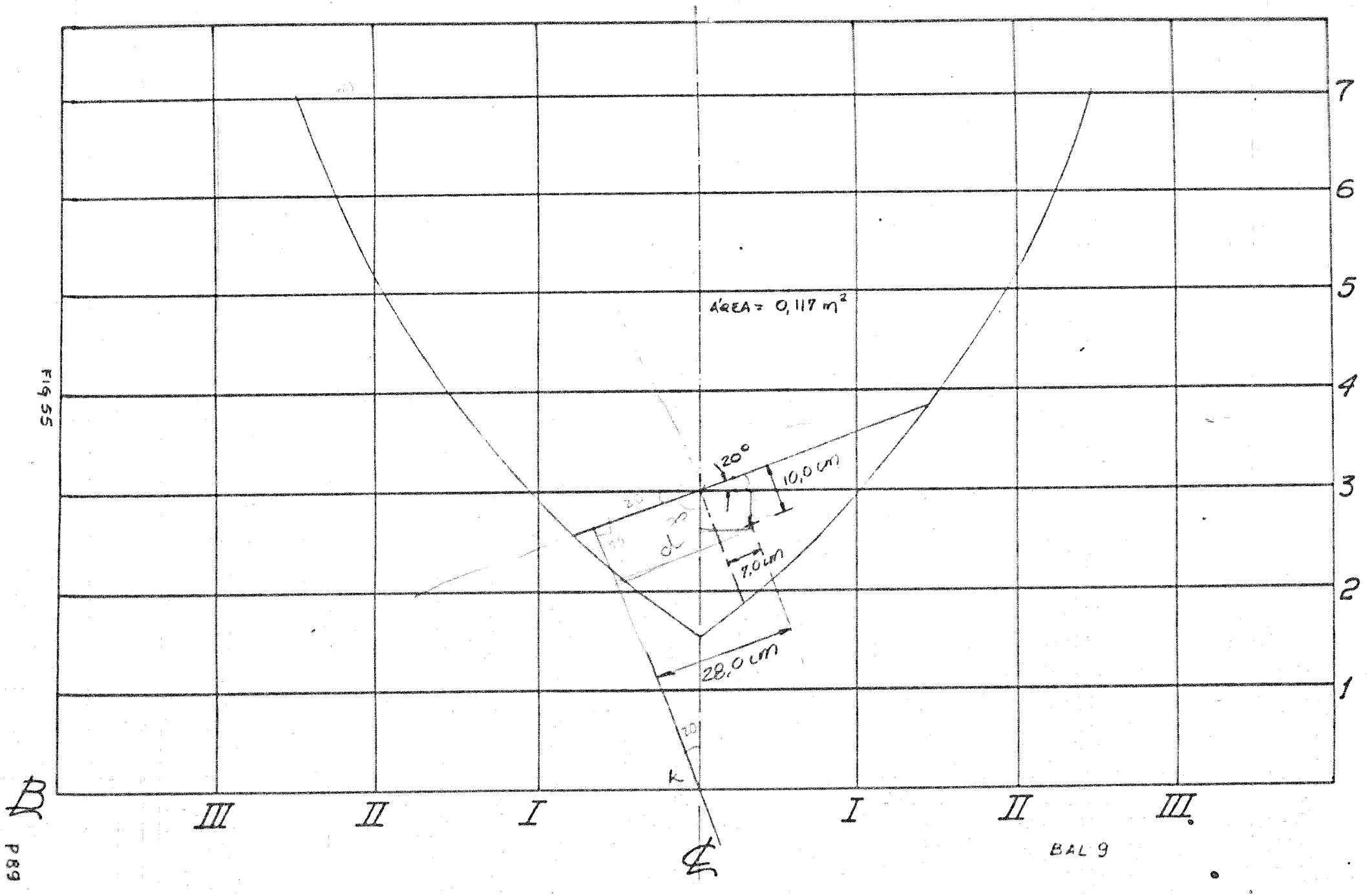
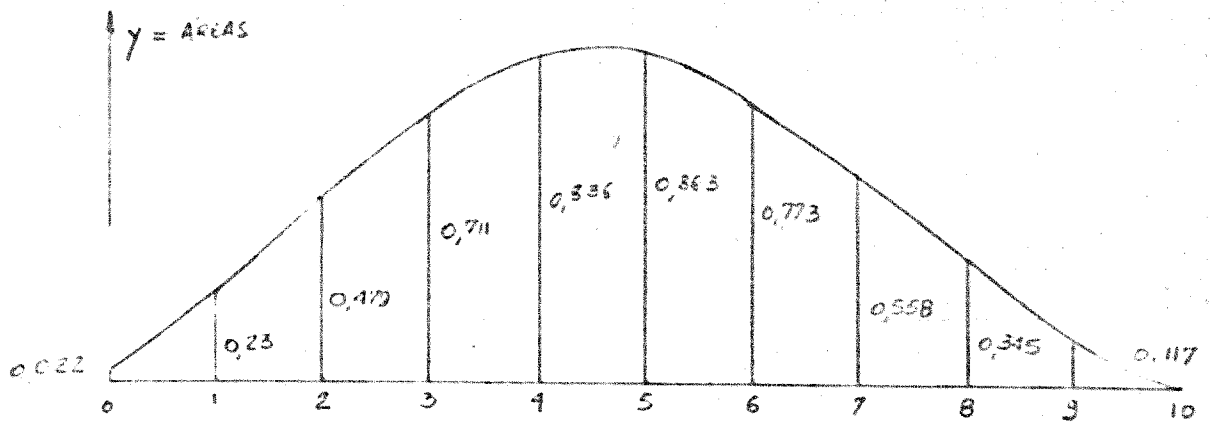


Fig 54

BAL 8

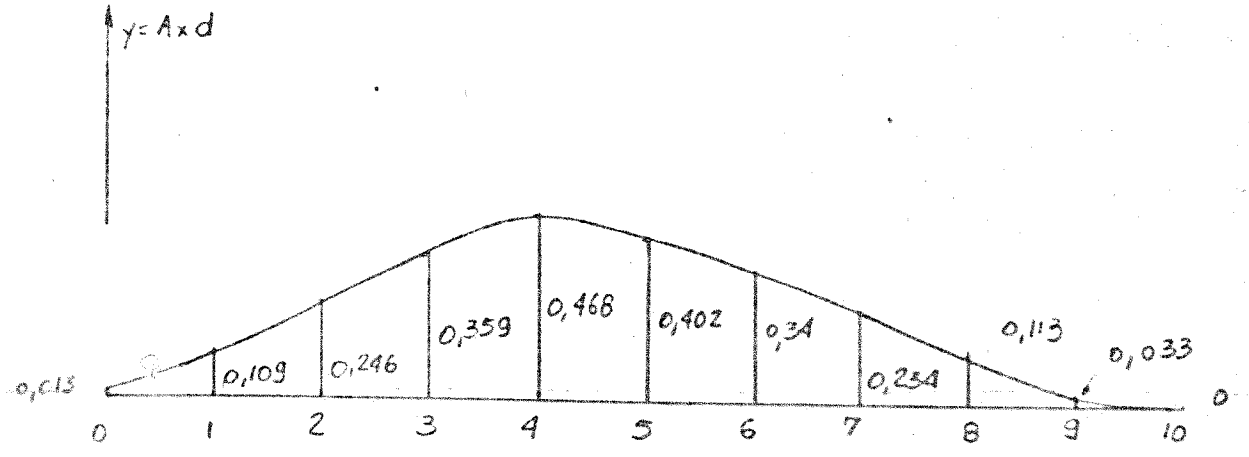

AREA = 0,117 m²
20°
10,0 cm
d
7,0 cm
28,0 cm
K
B
III
II
I
I
II
III
1
2
3
4
5
6
7
Fig 55
BAL 9

Devemos agora, construir as duas curvas descritas no texto



Curva de áreas

Fig. 56



Curva de áreas x braços

Fig. 57

Para calcularmos as áreas sob estas curvas, construímos a tabela a seguir (como mostrado no Cap. III - Cálculo de Áreas):

	1	2	3
BALIZA	ÁREA	MS	ÁREA x MS
0	0.022	1	0,022
1	0,23	4	0,92
2	0,479	2	0,958
3	0,711	4	2.844
4	0,836	2	1,672
5	0,863	4	3.452
6	0,773	2	1,546
7	0.558	4	2.232
8	0,345	2	0,69
9	0,117	4	0,468
10	0,0	1	0,0
Σ			Σ_3=14,804

	1	2	3
BALIZA	ÁREA x d	MS	AREA x MS
0	0,013	1	0,013
1	0,109	4	0,437
2	0,246	2	0,493
3	0.359	4	1,436
4	0,468	2	0,936
5	0,402	4	1,608
6	0,340	2	0,680
7	0,234	4	0,937
8	0,113	2	0,226
9	0,033	4	0,131
10	0,0	1	0,0
Σ			Σ_3= 6.900

FIG 52

A área da figura 56 é o volume do barco na linha d'água inclinada (passo d).

A área da figura 57 chamamos - "Momento de Volume" (passo h).

O cálculo destas duas áreas é feito abaixo.

- Com o espaçamento entre as balizas é de 0,648 m,

  s = 0,648 m, E

  a) Volume = $\frac{S}{3} \times \sum ③$

  $$V = \frac{0,648}{3} \times 14,804$$

  $$V = 3,197\ m^3.$$

  b) Momento de volume.

  $$M = \frac{S}{3} \times \sum ③$$

  $$M = \frac{0,648}{3} \times 6,9$$

  $$M = 1,4904$$

- A posição do centro de empuxo é dado por:

  $$a = \frac{M}{V}$$

  $$a = \frac{1,4904}{3,197}$$

  $$a = 0,466\ m$$

No caso deste exemplo, o centro de gravidade está a 10,00 cm acima da linha d'água de projeto; portanto, fazendo a correção temos

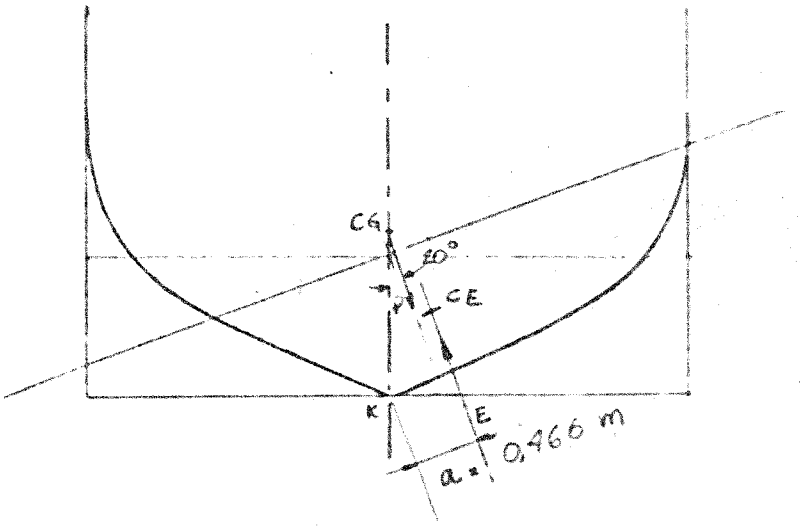


FIG 59

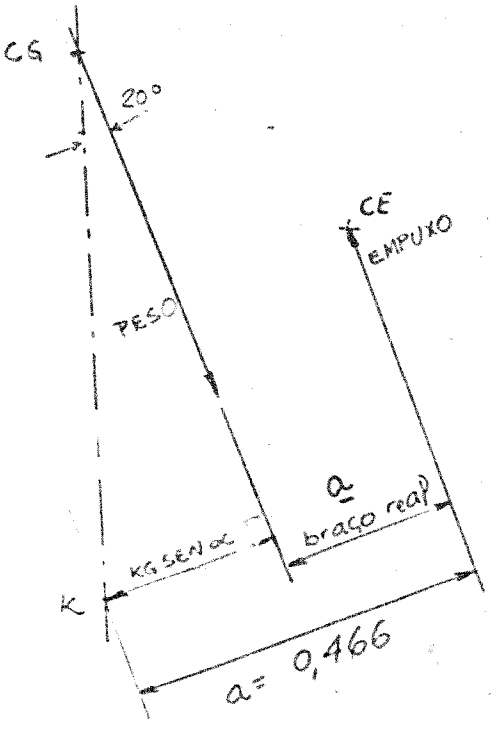


FIG 60

KG = 0,7 m

KG sen = KG sen 20°

KG sen = 0,7 x 0,342

KG sen = 0,2394

Braço corrigido: (braço real)

$\underline{a}$ = 0,466 - 0,2394

$\underline{a}$ = 0,2266 m

Chamamos de momento restaurador ou momento equilibrante, o momento que tende a levar o barco de volta à sua posição vertical.

$M_E = \underline{a}$ x deslocamento (Δ)

Δ = volume x 1,025 (ver volume IV)

Δ = 3,197 x 1,025

Δ = 3,277 t

então:

M_E = 0,7426 t x m

A seguir, faremos uma verificação da área vélica, sendo primeiramente calculado o centro de gravidade da área lateral do casco, conforme a tabela abaixo.

Cálculo da área lateral imersa e do centro de gravidade desta área. Veja a fig. 33 da Parte Prática (Vol. III). A tabela foi obtida desenhando-se o plano diametral e tomando-se como referência a linha d'água de projeto.

BAL COL (1)	Y COL (2)	M S COL (3)	PRODUTO	$\frac{1}{2}$ x y (COL (5)	PRODUTO COL (5) x COL (4) COL (6)
0	0	1	-	-	-
1	0,213	4	0,852	0,1065	0,0907
2	0,375	2	0,75	0,1875	0,1406
3	0,49	4	1,96	0,245	0,4802
4	0,56	2	1,12	0,28	0,3136
5	0,60	4	2,40	0,3	0,72
6	0,59	2	1,18	0,295	0,3481
7	0,55	4	2,20	0,275	0,605
8	0,46	2	0,92	0,23	0,2116
9	0,29	4	1,16	0,145	0,1682
10	0	1	-	-	-
			12,542		3,078

FIG. 61

ÁREA LATERAL DO CASCO

$$A = \frac{S}{3} \times \Sigma ④$$

$$A = \frac{0,648}{3} \times 12,542$$

$$A = 2,7 \ m^2$$

Momento de área:

$$MA = \frac{S}{3} \times \Sigma ⑥$$

$$MA = 0,665$$

Posição vertical do centro de gravidade da área lateral do casco.

$$C = \frac{MA}{A}$$

$C = 0,246$ m (a partir da LAP.)

A partir da linha de base $C = 0,354$ m

CÁLCULO DA QUILHA

Supondo que o nosso barco não possa ter um calado máximo total (casco mais quilha), maior que 1,6 m, teremos:

$$H_{QUILHA} = 1,6 - 0,6$$

$$H_{QUILHA} = 1,0 \text{ m}$$

Da tabela de LPP x Área lateral da quilha, tiramos:

$$ALQ = 1,24 \ m^2$$

então a razão de aspecto RA fica:

$$RA = \frac{H^2}{A_{LQ}}$$

$$RA = 0,806$$

Com o valor de RA, tiramos da tabela RA x ANG. LAT. o ângulo lateral da quilha.

ANG. LAT. = 29°

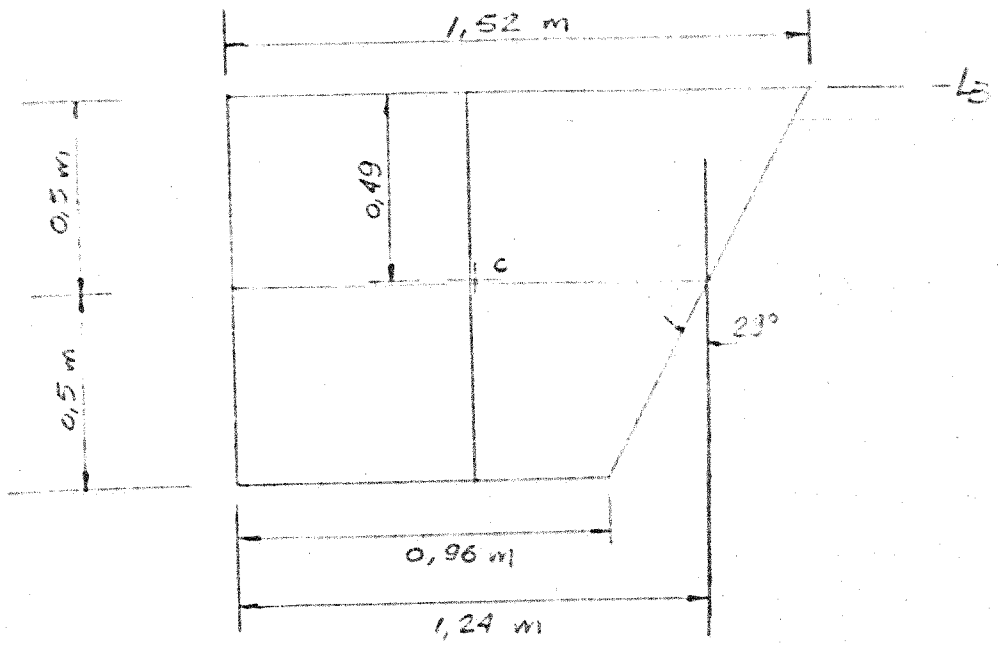


FIG. 62

A posição vertical do centro de gravidade da área lateral da quilha é 0,49 m abaixo da linha de base.

Portanto, a posição final do centro de gravidade da área lateral do conjunto casco-quilha é dado por:

$$y = \frac{AQ \times dQ + Ac \times dc}{(AQ + Ac)}$$

$$y = \frac{1,24 \times (-0,49) + 2,7 \times 0,354}{(1,24 + 2,49)}$$

$$y = 0,09 \text{ m (acima da linha de base).}$$

OBS.: Lembre-se que neste cálculo, o nosso eixo de referência é a L_B, de modo que as cotas acima da L_B são consideradas positivas e as abaixo negativas.

VERIFICAÇÃO DA ÁREA VÉLICA.

Como já vimos, o projetista ao chegar a este ponto, já está de posse dos dados relativos ao velame do barco, retirados do seu banco de dados. Desta forma, verificando barcos semelhantes, escolhemos para área vélica 33,25 m^2 e as seguintes dimensões para as velas:

Grande - 9,7 m x 4.57 m
Buja - 7,0 m x 3,17 m

Com isso, o correspondente centro de esforço está a 4,657 m acima da linha de base.

Supondo que estamos dimensionando o barco para navegar em águas com regime médio de ventos de 32,5 km/h, o que corresponde a uma pressão de 5,5 kg/m^2, podemos verificar se a área vélica escolhida é adequada ou não aos nossos propósitos.

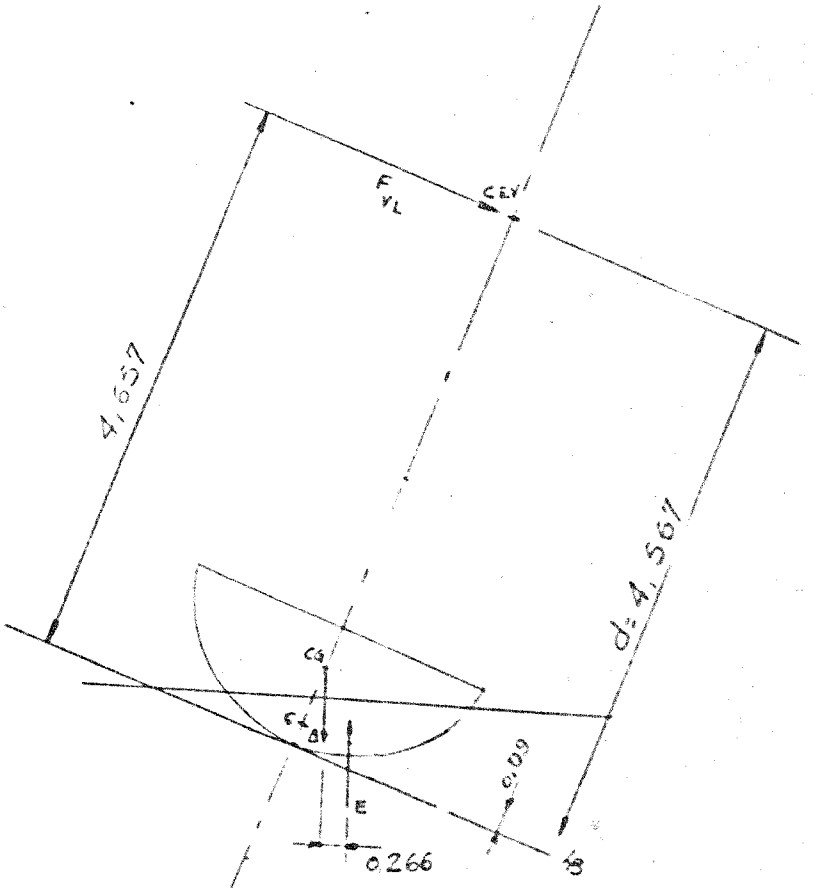


FIG. 63

A equação de equilíbrio entre os momentos desequilibrante (devido a ação do vento) e o momento restaurador é:

$$F_{VL} \times d = \Delta \times \underline{a}$$

onde:

$F_{VL} \times d$: é o momento desequilibrante.

F_{VL} : é a força do vento.

d : é a distância entre o centro de gravidade da área vélica e o centro de gravidade da área lateral imersa do caso.

$F_{VL} = A_V \times$ pressão

$F_{VL} = 33,25 \times 5,5$

$F_{VL} = 182,9$ kg (ou 1,829 t)

Momento desequilibrante com correção ($\cos^2 \alpha$)

$M_D = F_{VL} \times \cos^2 20^o \times d$

$M_D = 182,9 \times 0,883 \times 4,567$

MD = 737,6 kg.m (ou 0,7376 t.m)

Momento restaurador:

$M_E = 0,7426$ t.m

Podemos observar que o M_E é maior que M_D, de modo que as velas escolhidas são satisfatórias e o barco navegando com ventos de até 32,5 km/h não se inclinará mais que 20°.

EXERCÍCIOS - VOLUME VII

1) Calcule a mastreação de nosso barco-exemplo (desenhado no Volume II) utilizando as dimensões das velas encontradas na parte prática deste Volume. A altura da retranca fica a 1,74 m acima da linha d'água de projeto e o mastro termina a 1,0 m acima da linha d'água de projeto.
Envie os cálculos detalhados, passo a passo, com um desenho (cópia heliográfica) indicando a posição do mastro, retranca, estais e brandais.

2. Posicione a quilha e a mastreação do nosso barco-exemplo.
Faça um desenho em vegetal e nos envie uma cópia heliográfica.
Use escala 1:25.

3. Refaça o cálculo de estabilidade para uma linha d'água inclinada (20°) 10 cm abaixo da calculada.
Monte o gráfico da fig. 43 da Parte Prática deste volume e ache o braço correspondente ao volume real do barco

VOLUME 8 - TEORIA

1. CAMINHO DE ELABORAÇÃO DE UM PROJETO.

Podemos ver pelo diagrama, fig. 78, que normalmente começamos um projeto fazendo um croquis do arranjo interno, fig. 79, e depois passamos para a escolha das dimensões e parâmetros preliminares (deslocamento, posição do centro do empuxo, coeficiente prismático, área molhada, comprimento, boca, borda livre, etc.).

O passo seguinte é iniciarmos o plano de linhas, fig. 80, e verificar se os parâmetros e dimensões escolhidos fazem um conjunto harmonioso. Naturalmente durante a feitura do plano de linhas pode ser que alguns parâmetros ou medidas fujam do pré-estabelecido.

É necessário então que sejam feitos os cálculos de volume, centro de empuxo, coeficiente prismático e verificadas as dimensões finais. Se estiverem aceitáveis, podemos passar para o passo seguinte, se não, temos que modificar o plano de linhas e fazer nova verificação.

Uma vez completado o plano de linhas, partimos para o desenho chamado Arranjo Geral, fig. 81. Este desenho mostra o aspecto interno e externo do ponto de vista funcional. Indica posições dos camarotes, camas, mesas, posição dos motores auxiliares, aparelhagem de atracação e equipamentos de navegação, etc.

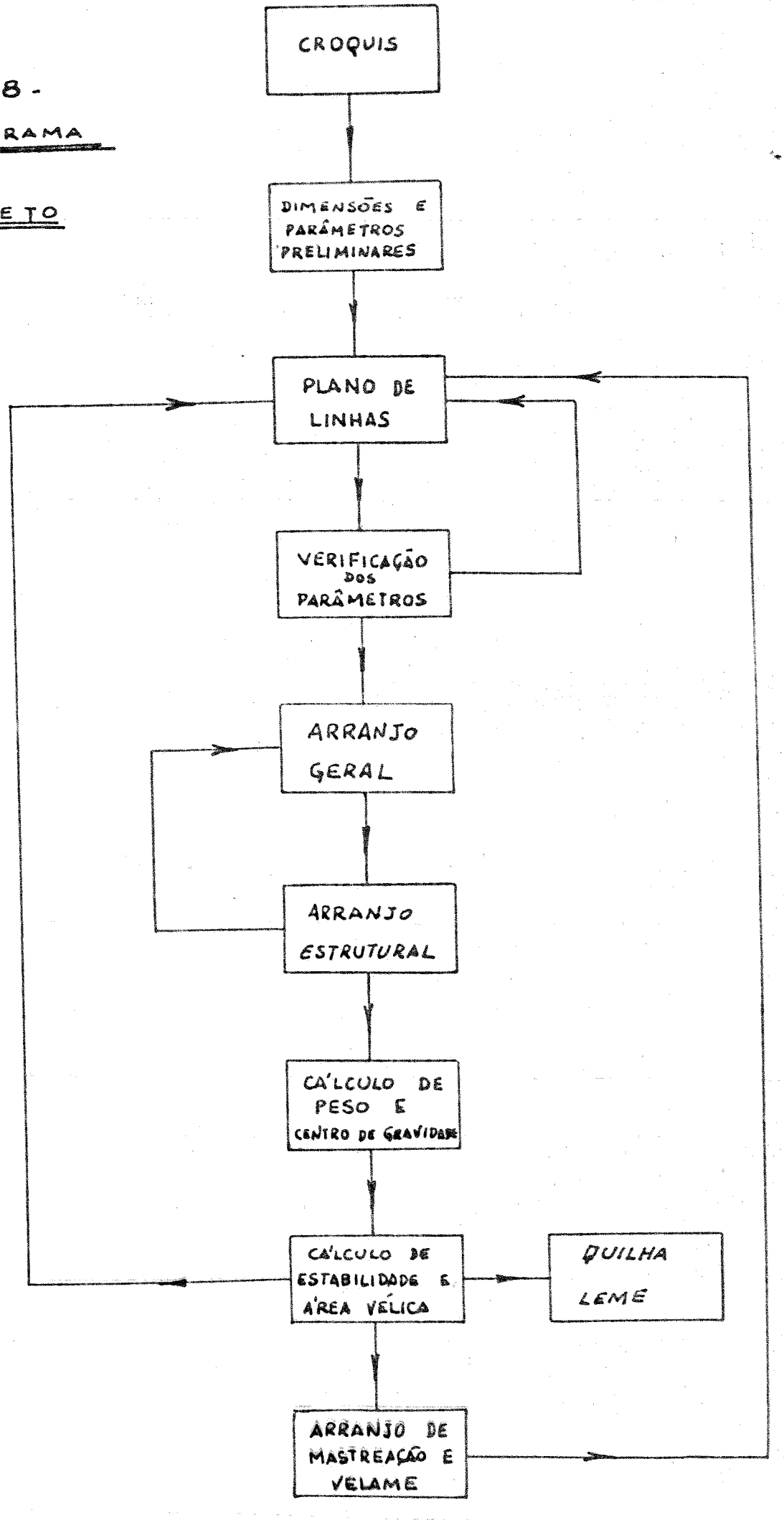
Com o Arranjo Geral feitopassamos para o Arranjo Estrutural, fig. 82, que é um desenho em que definimos a estrutura do barco. É nele que dimensionamos todos os elementos estruturais.

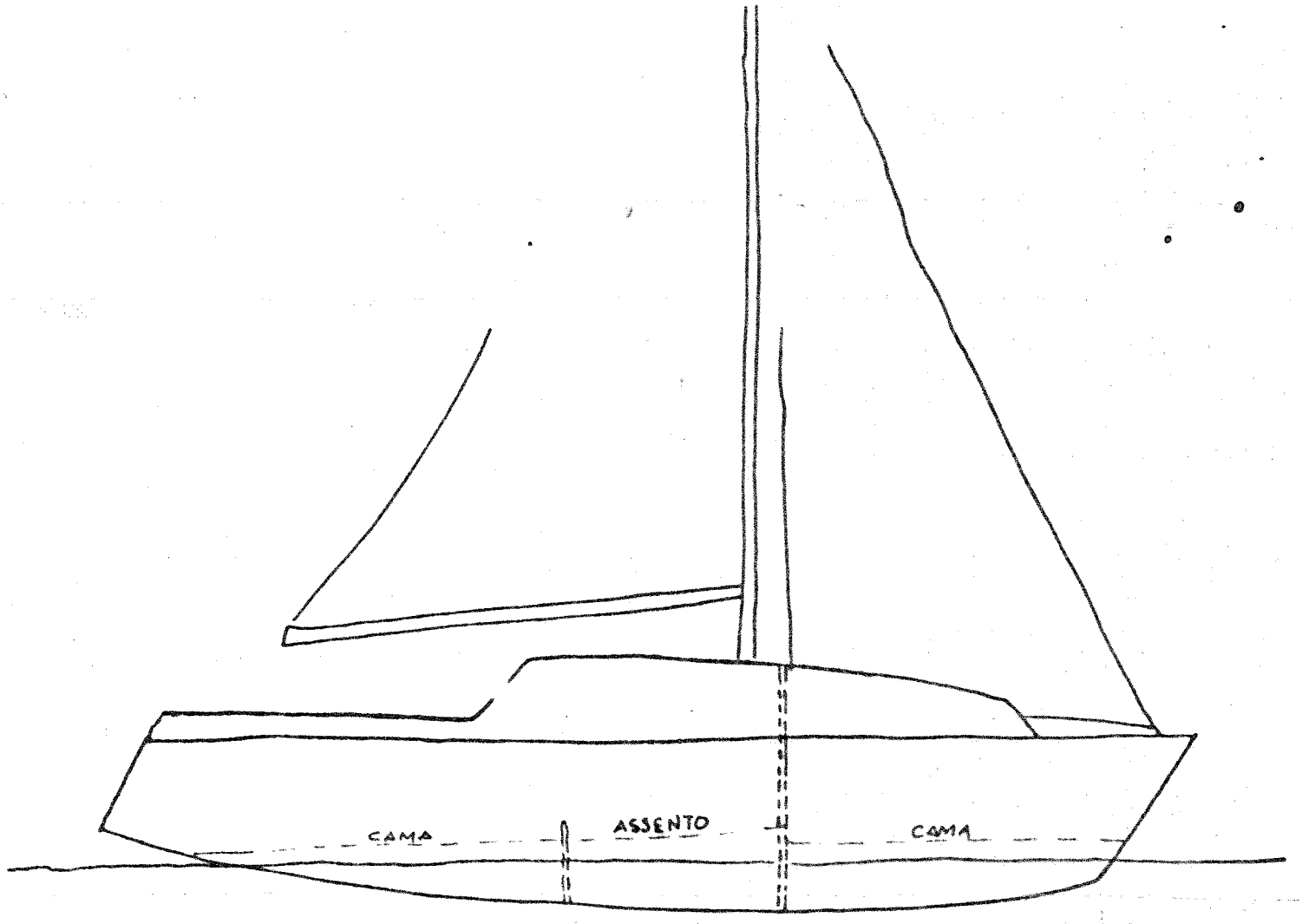
Ao fazermos o dimensionamento da estrutura pode ser necessário mudarmos um pouco o Arranjo Geral.

O próximo passo é calcularmos o centro de gravidade do barco, estudarmos sua estabilidade e verificarmos sua área vélica. Pode ser que cheguemos a conclusão de que é necessário mudarmos as formas do barco para melhorarmos sua estabilidade. Se tudo está bem, podemos fazer o último plano que é o Arranjo de Mastreação e Velame, fig. 83, em que definimos o tipo de mastreação, indicamos a área vélica, dimensionamos mastros, retrancas, estais, adriças e fuzis.

FIG 78 -

FLUXOGRAMA DO PROJETO





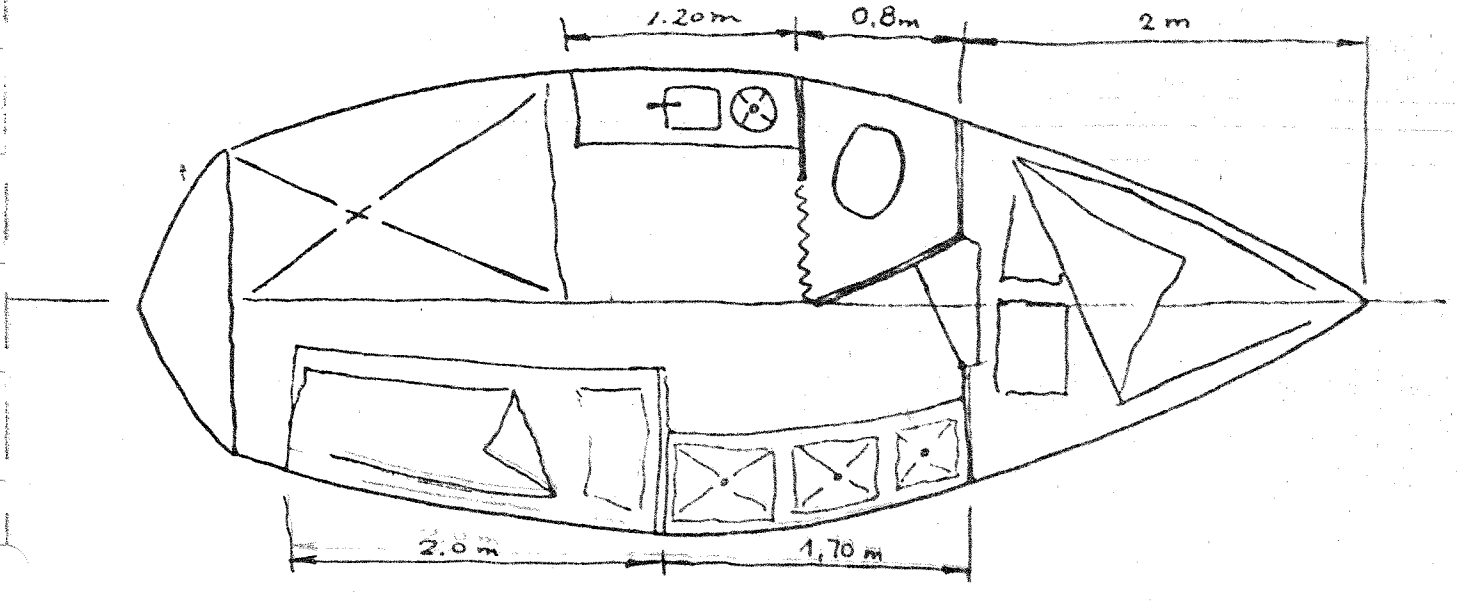
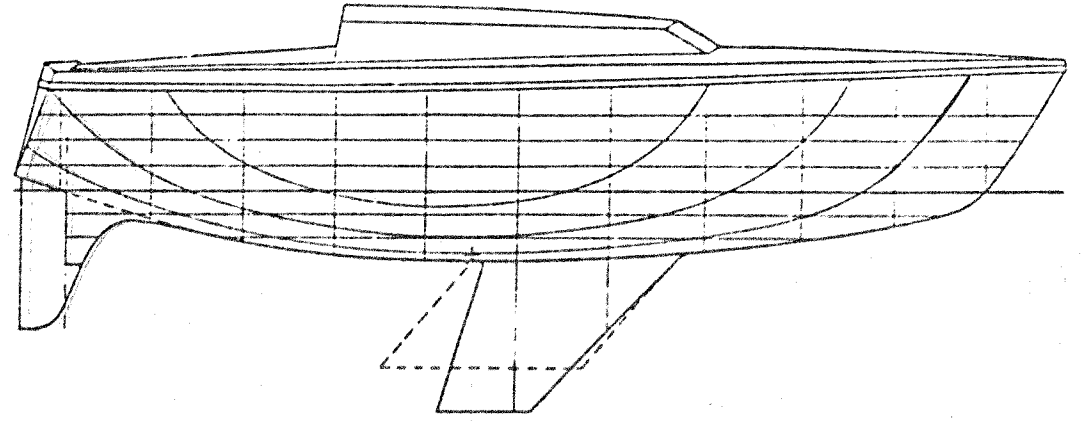
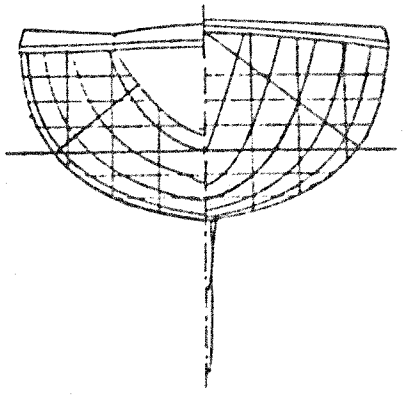


FIG 79 - CROQUIS





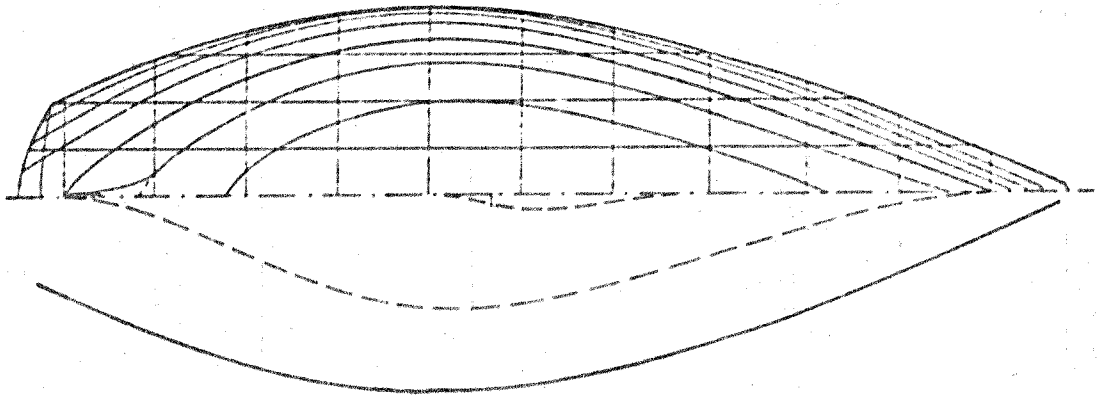
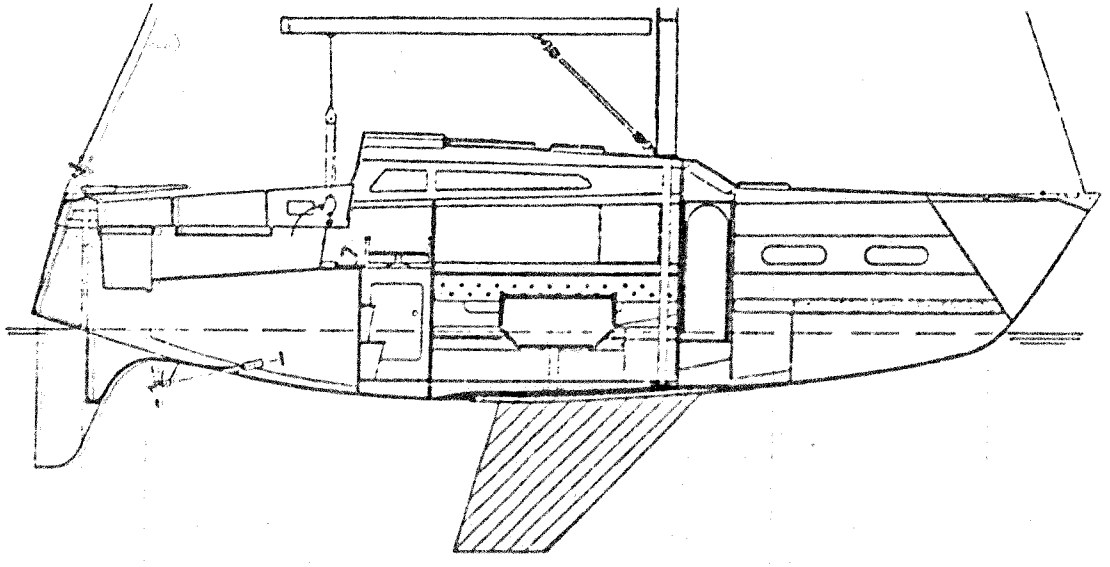
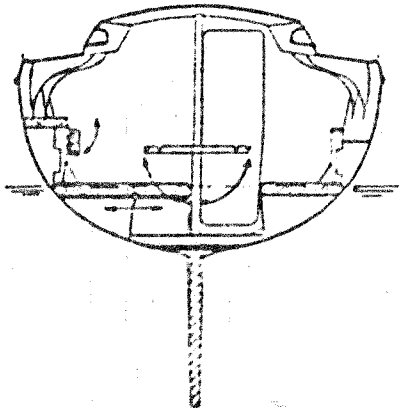
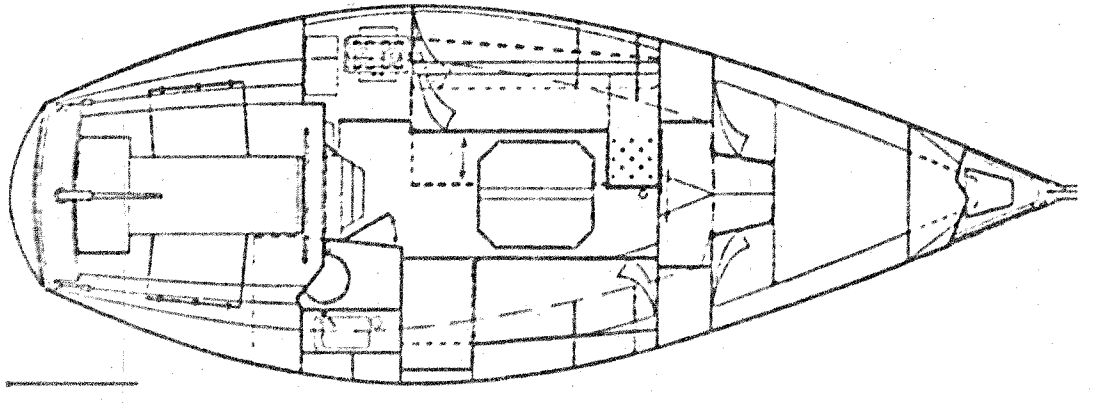


FIG 80 - PLANO DE LINHAS







- FIG. 81 -

- ARRANJO GERAL -

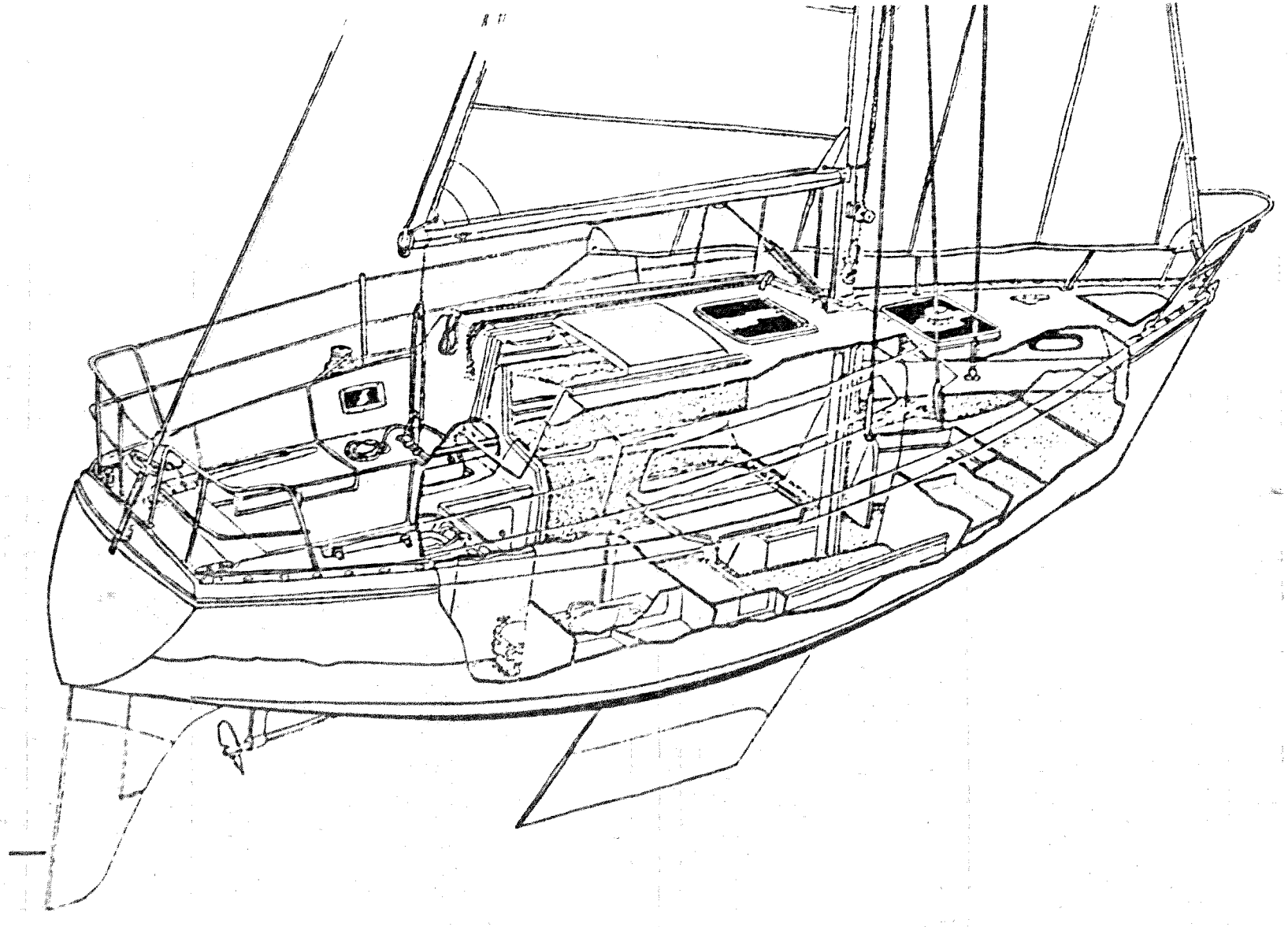
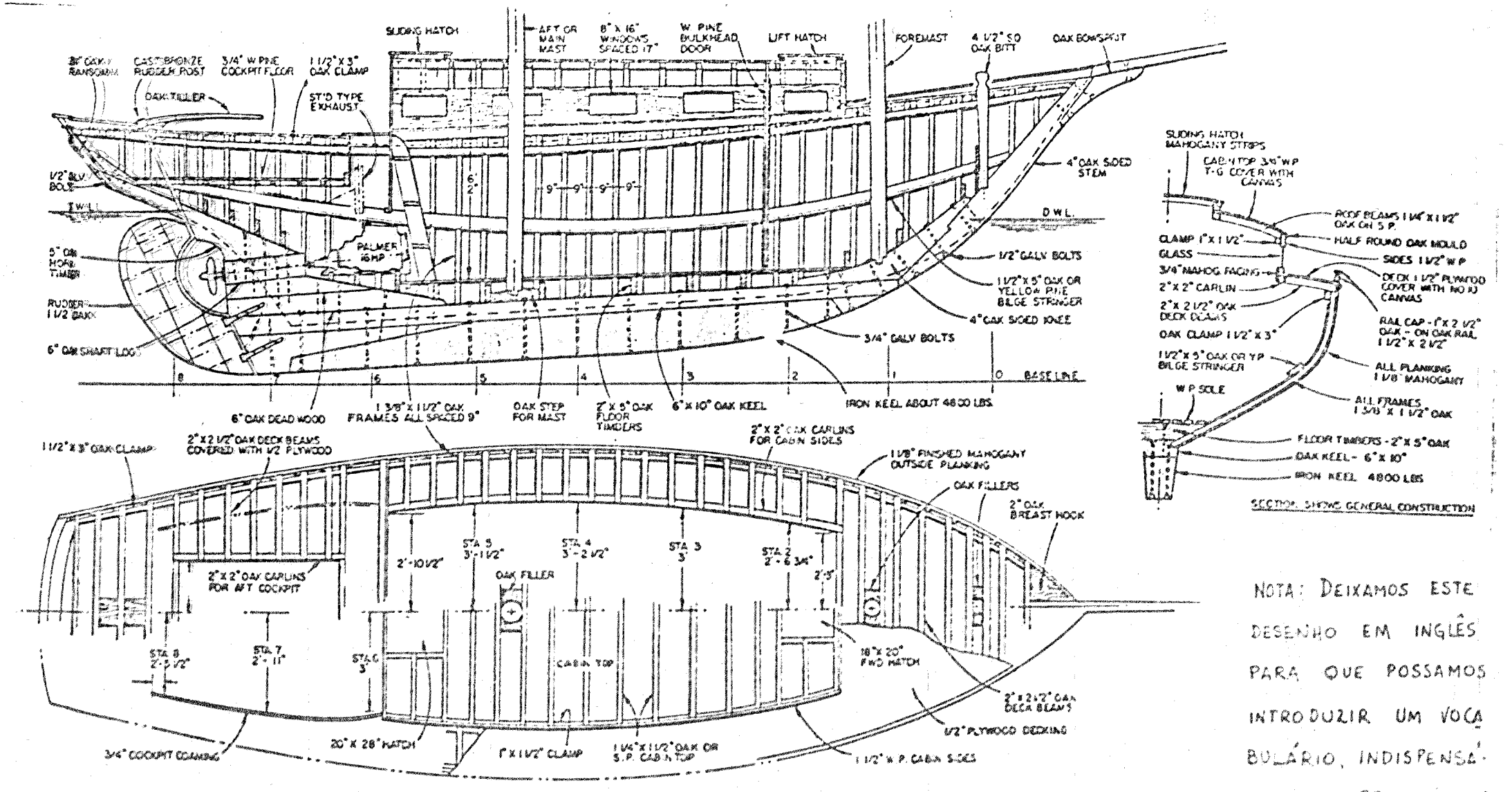


FIG 81A PERSPECTIVA DO ARRANJO GERAL DA FIG. 81



SECTION SHOWS GENERAL CONSTRUCTION

FIG 82 - ARRANJO ESTRUTURAL

NOTA: DEIXAMOS ESTE DESENHO EM INGLÊS PARA QUE POSSAMOS INTRODUZIR UM VOCABULÁRIO, INDISPENSÁVEL AO PROJETISTA DE BARCOS A VELA.

(VEJA PAG T129)

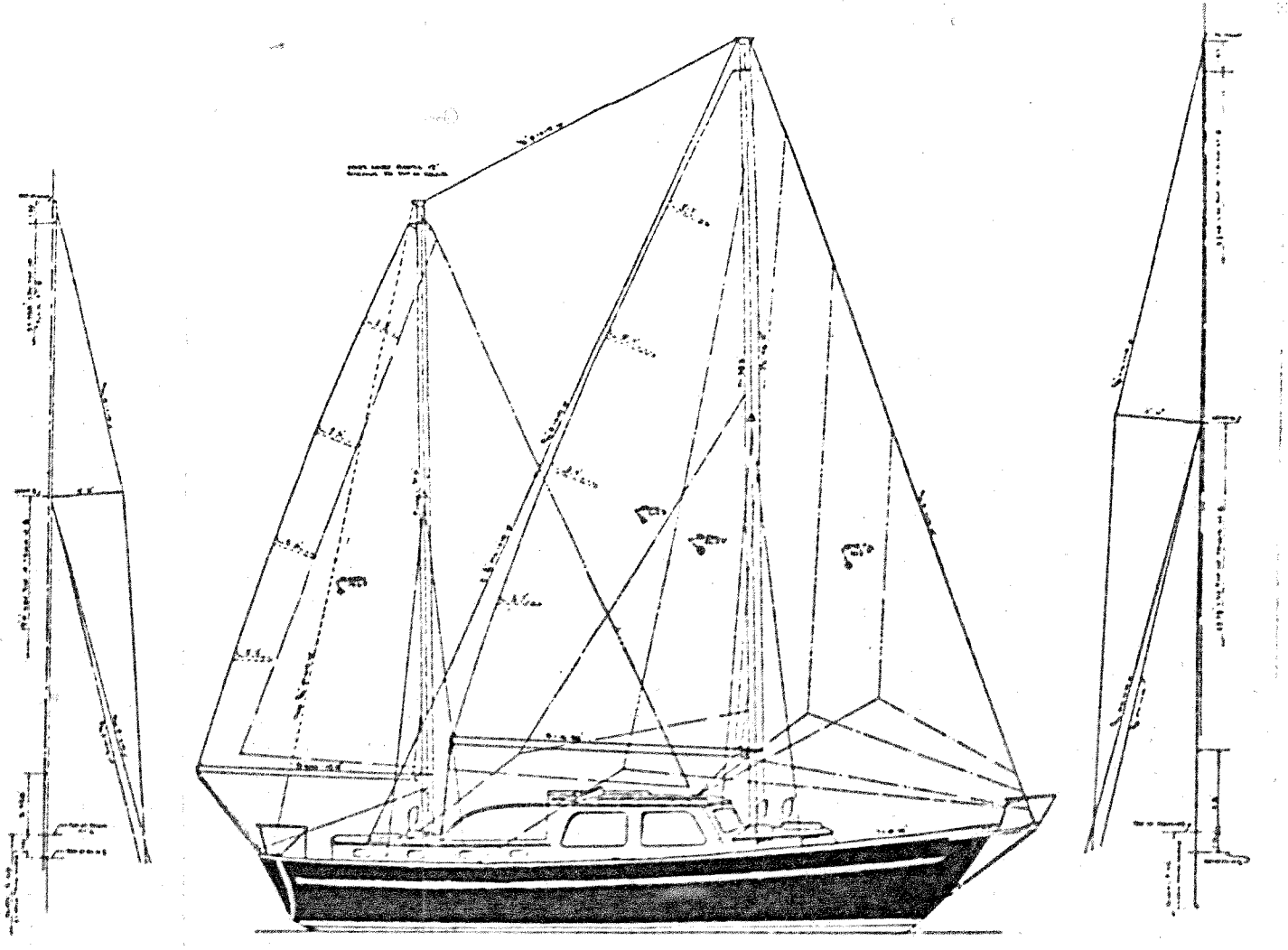


FIG 83_ ARRANJO DE MASTREAÇÃO E VELAME

2. CONSTRUÇÃO DE VELEIROS EM MADEIRA.

2.1 - Introdução.

Normalmente na construção naval em madeira, usa-se adotar uma estrutura padrão para todas as embarcações. Na fig. 84 e fig. 85 mostramos esta estrutura.
O dimensionamento das partes que compõe esta estrutura depende do tamanho do barco.

São quatro os processos mais conhecidos em determiná-las.

- Regras de Nevin.
- Regras de Herreshoff.
- Regras do Lloyd's Register of Shipping.
- Regras do American Bureau of Shipping.

As duas primeiras levam o nome de seus idealizadores e as duas últimas levam o nome de entidades que têm como objetivo estabelecer padrões mínimos de dimensionamento de equipamentos e de estrutura para que se possa segurar a embarcação. Estas entidades normalmente são chamadas de Sociedades Classificadoras.

A mais fácil de usarmos é a de Nevin, e é a que estudaremos nesta lição. A diferença entre as três é apenas no peso final da embarcação, uma vez que a estrutura padrão é a mesma.

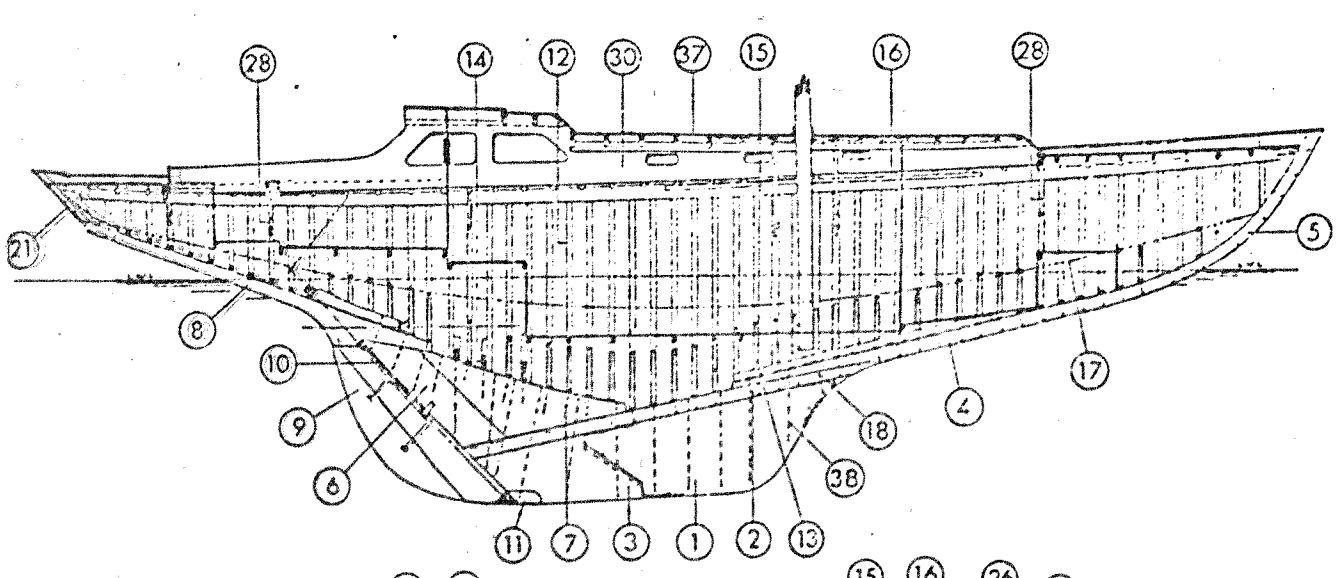
As regras do Lloyd's Register of Shipping produzem o barco mais pesado. Naturalmente, a preocupação com a segurança da embarcação leva-nos a dimensionar generosamente sua estrutura, mas existe um limite a partir do qual a performance da embarcação fica prejudicada pois quanto maior o peso da estrutura maior será o peso total final, com isso, maior deslocamento e, portanto, maior resistência ao avanço.

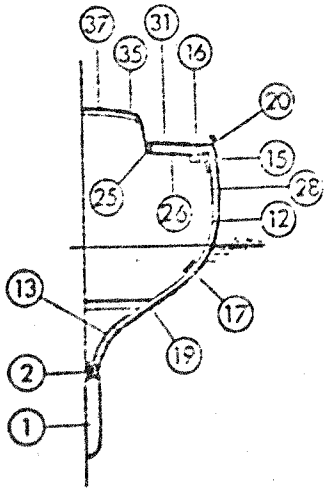
As regras de Nevin produzem barcos mais leves que as das Sociedades Classificadoras e as de Herreshoff nos dão embarcações mais leves que as de Nevin.

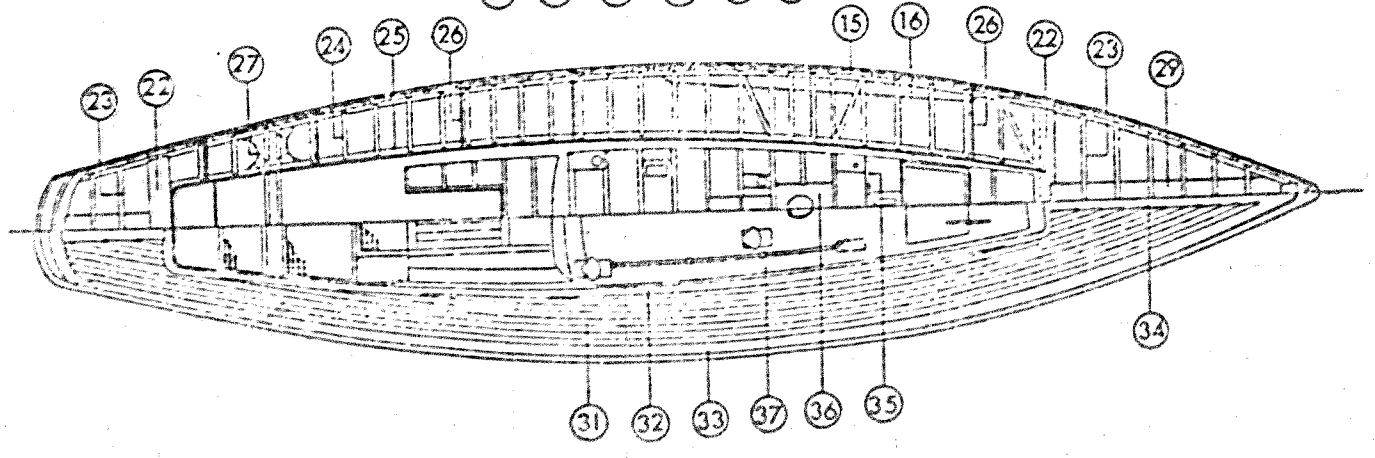
2.2 - Regras de Nevin.

Nevin usa a raiz cúbica do deslocamento ($\sqrt[3]{D}$) como parâmetro de indicação do taman da embarcação.

Na fig. 86 mostramos uma tabela em que se indica o dimensionamento do chapeamento, cavernas, seus espaçamentos e vaus do convés em fun



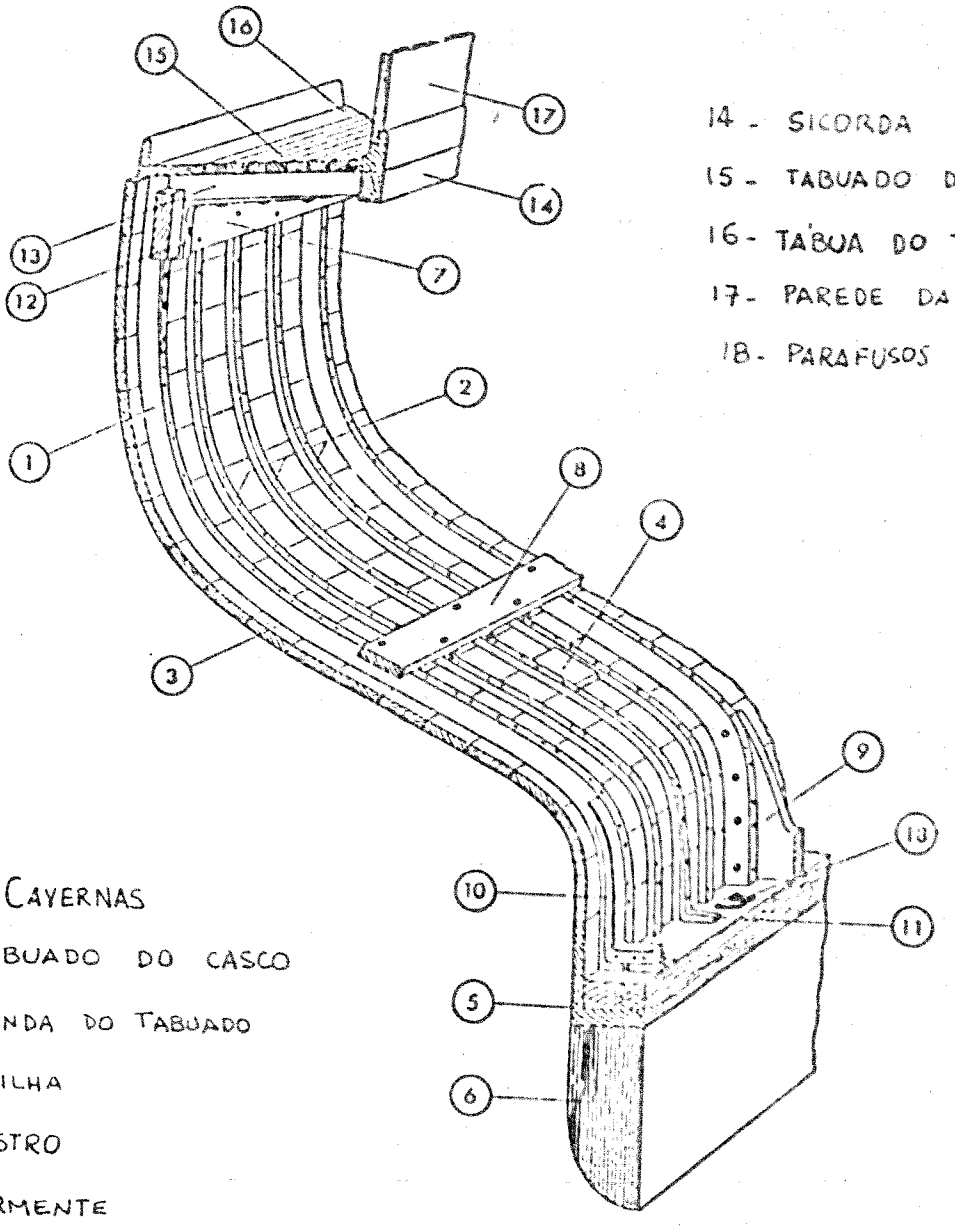




1. QUILHA LASTRO
2. QUILHA
3. QUILHA FALSA
4/5. RODA DE PROA
6. CADASTE DO LEME
7. QUILHA FALSA
8. CADASTE
9. LEME
10. EIXO DO LEME
11. APOIO INFERIOR DO LEME
12. CAVERNAS
13. HASTILHAS
14. HASTILHA
15. DORMENTE
16. REFORÇO
17. LONGITUDINAL DO BOJO
18. PÉ DO MASTRO
19. TABUADO DO CASCO
20. BORDA FALSA
21. ESPELHO
22. VAUS REFORÇADOS
23. VAUS
24. PEQUENO VAU
25. SICORDA DO CONVÉS
26. TIRANTE
27. REFORÇO
28. BORBOLETA DO VAU
29. REFORÇO
30. PAREDE DA CABINE
31. CONVÉS
32. TABUA INTERNA DO CONVÉS
33. TÁBUA DO TRINCANIZ
34. TÁBUA DA LINHA DE CENTRO DO CONVÉS
35. VAUS DA CABINE
36. REFORÇO NO CONVÉS PARA O MASTRO
37. TETO DA CABINE
38. PARAFUSOS DA QUILHA

- FIG. 84 -

ESTRUTURA PADRÃO



14 - SICORDA DO CONVÉS
15 - TABUADO DO CONVÉS
16 - TÁBUA DO TRINCANIZ
17 - PAREDE DA CABINE
18 - PARAFUSOS DA QUILHA

1 e 2 - CAVERNAS
3 - TABUADO DO CASCO
4 - EMENDA DO TABUADO
5 - QUILHA
6 - LASTRO
7 - DORMENTE
8 - LONGITUDINAL DO BOJO
9 - HASTILHA
10 - HASTILHA DE AÇO (CANTONEIRA)
11 - HASTILHA
12 - BORBOLETA DO VAU
13 - PEQUENO VAU

FIG. 85 - ESTRUTURA PADRÃO PARA BARCOS EM MADEIRA

$\sqrt[3]{D}$ Dem pés^3	ESPESSURA DO CHAPEAMENTO (mm)	CAVERNAS			VAUS DO CONVÉS
		AREA (cm^2)	LARGURA E ESPESSURA (mm)	ESPAÇAMENTO (mm)	AREA (cm^2)
3.8	14.2	4.2	20.5	153	4.8
4.0	14.2	4.2	20.5	153	4.8
4.2	15.0	4.8	22.1	160	5.7
4.4	15.7	5.5	23.6	167	6.6
4.6	16.8	6.5	25.4	174	7.6
4.8	17.5	7.3	27.2	180	8.6
5.0	18.3	8.3	28.7	187	9.6
5.2	19.0	9.2	30.5	194	10.6
5.4	20.0	10.3	32.3	200	11.7
5,6	20.8	11.6	34.0	208	12.8
5.8	21.8	12.8	35.8	214	13.9
6.0	22.9	14.2	37.6	221	15.0
6.2	23.6	15.5	39.4	228	16.1
6.4	24.4	16.8	41.1	234	17.2
6.6	25.4	18.3	42.9	241	18.4
6.8	26.4	20.0	44.7	247	19.6
7.0	27.4	21.5	46.5	254	20.8
7.2	28.5	23.2	48.3	260.4	22.1
7.4	29.2	24.8	49.8	266.7	23.4
7.6	30.0	26.6	51.6	273.1	24.6
7.8	31.0	28.4	53.3	279.4	25.9
8.0	31.8	30.3	55.1	285.8	27.2
8.2	32.8	32.3	56.9	292.1	28.6
8.4	33.5	34.2	58.4	298.5	29.9
8.6	34.5	36.1	59.4	304.8	31.4
8.8	35.6	38.1	61.7	311.2	32.8
9.0	36.3	40.2	63.5	317.5	34.3
9.2	37.0	42.1	65.0	323.9	35.8
9.4	38.1	44.5	66.8	330.1	37.3
9.6	38.9	46.6	68.3	336.0	38.8
9.8	39.6	48.9	70.1	342.1	40.5
10.0	40.6	51.1	71.6	348.5	42.1
10.2	41.4	53.6	73.2	354.3	43.8
10.4	42.2	56.1	74.9	360.7	45.5
10.6	43.2	58.7	76.7	366.8	47.2
10.8	43.9	61.3	78.5	372.9	48.9
11.0	44.7	64.0	80.0	379.0	50.6
11.2	45.7	66.8	81.8	385.1	52.4
11.4	46.5	69.7	83.6	391.2	54.2
11.6	47.2	72.8	85.3	397.0	56.1

FIG 86 -
TABELA DE NEVIN

ção de $\sqrt[3]{D}$, onde D é o deslocamento em pés cúbicos.

Além desta tabela no dimensionamento dos componentes estruturais, temos que levar em conta certos detalhes e restrições, como segue:

1) Quilha:

Largura = $0{,}0213 \times \sqrt[3]{D}$ (m) (D em pés cúbicos)
Altura = 2 x largura

2) Roda de Proa:

Largura no início = 4 x espessura do tabuado.
A largura da roda de proa deve ir aumentando até sua ligação com a quilha onde deve ficar com a mesma largura desta.

Altura = Largura.

3) Cadaste:

Largura = 4 x espessura do tabuado.
Altura = Largura

4) Cadaste do Leme:

Largura = 2 x altura
Altura = 2 x espessura do tabuado

5) Cavernas:

O dimensionamento dado na tabela se refere a cavernas dobradas a vapor.

O curvamento a vapor é um processo que consiste em colocarmos a madeira sem forma, já cortada nas dimensões finais da caverna num compartimento fechado cheio de vapor.

Após amolecida a madeira pela ação do vapor, é colocada num molde com a forma de caverna para secagem. Quando retirada, ela conservará a forma do molde. Este processo permite que as fibras da madeira não sejam cortadas e por isso apresentam grande resistência.

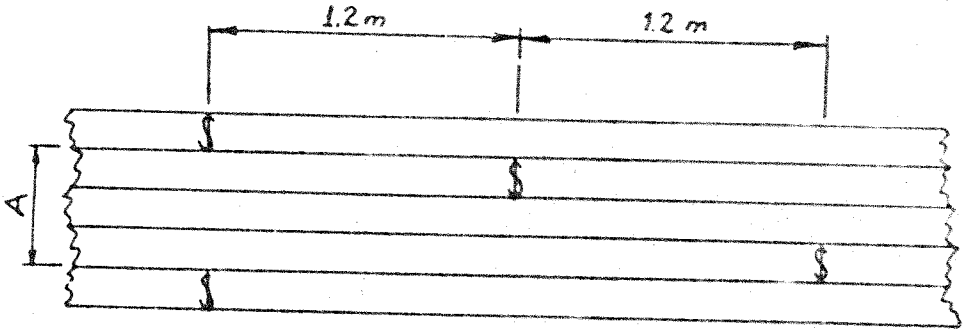
Se forem usadas cavernas com formas serradas, é necessário ter-se o cuidado de evitar ao máximo o corte das fibras. Este tipo de caverna deverá ser duplo e eficientemente ligados entre si por parafusos. A área da seção, para efeito de dimensionamento deve ser a da tabela acrescida em 50%.

6) Tabuado (forro) do costado.

Espessura = dada pela tabela.

As emendas longitudinais nas tábuas deverão ser feitas afastadas de pelo menos 1,2 metros de outra emenda em outra tábua adjacente.

Num mesmo espaçamento de caverna não deverá ter duas emendas longitudinais de tábuas, a não ser que haja pelo menos três tábuas entre elas. Veja fig. 87



A = MÍNIMO DE 3 TÁBUAS QUANDO AS EMENDAS ESTIVEREM NO MESMO ESPAÇO DE CAVERNAS

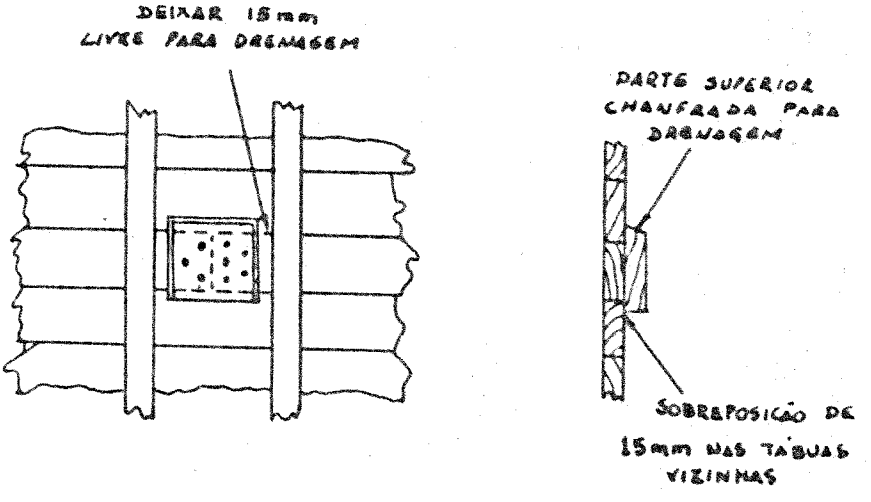


FIG 87. EMENDAS NO TABUADO

7) Forro Interno.

Espessura = 0,4 x espessura do chapeamento.

Um forro interno deverá ser colocado em barcos a vela tendo $\sqrt[3]{D}$ maior que 10 e deverá se estender ao longo da linha d'água e deverá ir do piso da cabine a parte inferior do clamp.

8) Longitudinal do Bojo.

Deve ser usado sempre que não houver forro interno.

Área transversal = 3 x área da caverna indicada na tabela.

Este elemento deve se estender de proa a popa o máximo possível.

9) Dormente.

Área transversal = 3,5 x área da caverna indicada na tabela.
Devem se extender ao longo de todo comprimento do barco.

10) Vaus.

Área transversal = como indicado na tabela.

11) Pequenos vaus.

Área transveral = 0,75 x área transversal dos vaus.

12) Tabuado do convês.

Espessura = espessura do tabuado do casco.

13) Hastilhas.

Altura = o suficiente para permitir pelo menos quatro parafusos para ligação com o pé da caverna. Estes parafusos devem estar espaçados de pelo menos 1,5 vezes a espessura da hastilha.

Área transversal = 2 x área das cavernas.
espessura = não menor que a largura da caverna.

As hastilhas na região do lastro e que são ligadas a ele, deverão ter sua largura igual as hastilhas normais mais o diâmetro do parafuso da ligação com a quilha.

14) Cintas do casco.

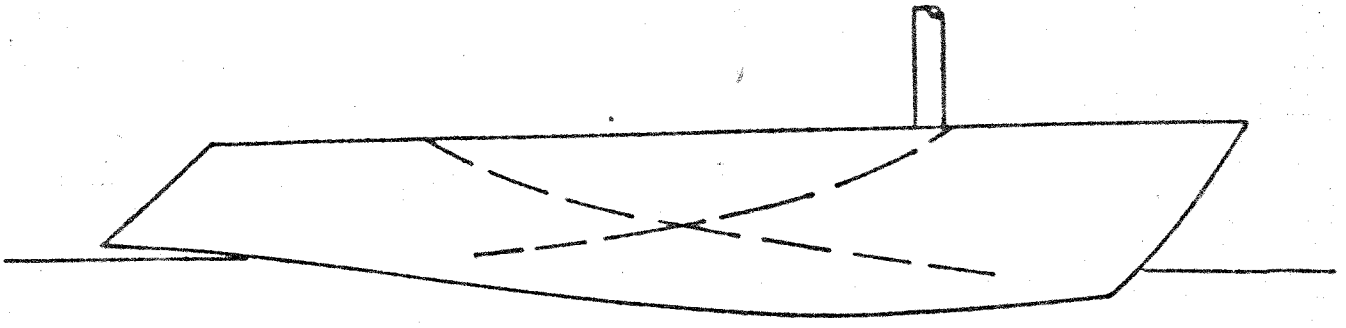
Material = bronze de no mínimo 42 kg/mm^2 de tensão de rutura.
Espessura = 0,1 x espessura do tabuado.
Largura = 2 x espessura do tabuado.

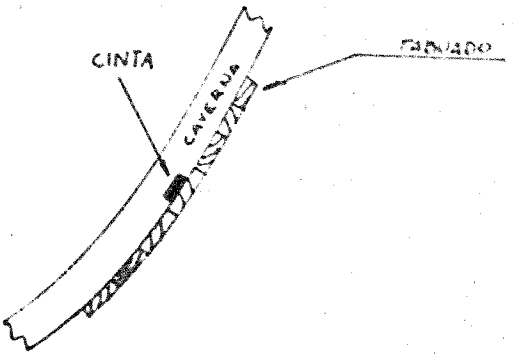
As cintas deverão ser dispostas como mostrado na Fig. 88.
Elas deverão ficar entre a caverna e o tabuado e deverão ser ligadas a caverna e fora delas ao tabuado.

15) Cintas do convês.

Material = bronze de no mínimo 42 kg/mm^2 de tensão de rutura.
Dimensões = idênticas a do casco.

Deverão ser colocadas em cada mastro duas cintas em diagonal indo de borda a bordo entre os vaus e o tabuado do convês.





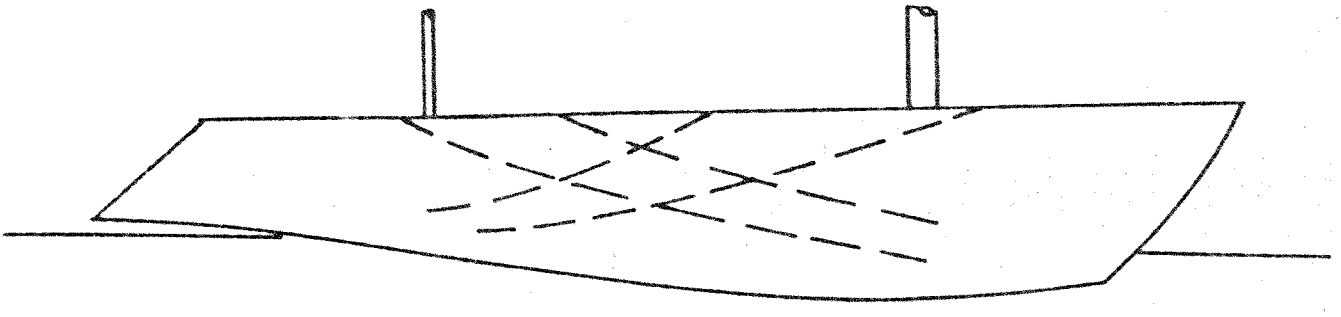


FIG 88 - DISPOSIÇÃO DAS CINTAS NO CASCO

Elas deverão ser unidas às cavernas e entre elas ao tabuado do convês.

16) Borboleta do vau.

Largura = 1,75 x espaçamento entre cavernas.
Material = madeira, bronze ou aço.

ELEMENTOS DE LIGAÇÃO

1) Tabuado do casco e convês.

Devem ser parafusados para madeira de material não corrosivo.
Comprimento = 2 x espessura do tabuado.

A Tabela da Fig. 89 nos dá o diâmetro do parafuso de acordo com a espessura do tabuado e seu comprimento.

Fig. 89 - Parafusos para Madeira

MADEIRA

Espessura da madeira (mm)	Comprimento e diâmetro (mm)
6.3	12.7 x 3
9.5	19 x 3.5
12.7	25.4 x 4.2
15.9	31.7 x 4.5
19.0	38 x 4.9
22.2	44.4 x 5.6
25.4	50.8 x 6.0
28.6	57.2 x 6.3
31.7	63.4 x 7.0
38.1	76.2 x 8.0
44.4	88.8 x 8.5
50.8	102 x 9.0

COMPENSADO

Espessura do compensado (mm)	Diâmetro (mm)
6.0	4.2
8.0	4.9
10.0	4.9
13.0	5.6
16.0	5.6
19.0	6.3
22.0	6.3
25.0	7.0

NOTA: O comprimento dos parafusos, no máximo, deve ser igual a soma das espessuras a serem unidas menos 3 mm.

2) Parafusos de Fixação do Lastro.

Material = bronze naval 60.000 psi.

Área da seção transversal de cada parafuso = $\frac{\text{peso do lastro} \times 9{,}5\ (cm^2)}{\text{nº de parafusos}}$

Obs.: peso do lastro em toneladas.

2.3 - Exemplo.

Calculemos os diversos elementos estruturais de um barco com 10 m^3 de deslocamento.

a) Transformação de metro cúbico em pé cúbico:

35,34 ft^3 (1 pé cúbico) = 1 m^3

b) $\sqrt[3]{D}^{10\,m^3} = \sqrt[3]{353{,}4\ ft^3} \cong 7{,}0$

c) Elementos da tabela:

1) espessura do tabuado = 27,4 mm
2) largura e espessura das cavernas = 46,5 mm
3) espaçamento entre cavernas = 254 mm
4) área da seção transversal do vau = 20,8 cm^2

d) Outros elementos:

1. Quilha:

largura = $0{,}213 \times \sqrt[3]{D}$ = 0,0213 x 7 = 0,149 m ≅ 15 cm
altura = 2 x largura = 2 x 15 = 30 cm

2. Roda de proa:

largura no início = 4 x espessura do tabuado = 4 x 27,4 = 109,6 mm
altura = largura = 109,6 ≅ 110 mm

3. Cadaste:

largura = 4 x espessura do tabuado = 4 x 27,4 = 109,6mm ≅ 110 mm
altura = largura = 109,6 ≅ 110 mm

4. Cadaste do Leme:

Altura = 2 x espessura do tabuado = 2 x 27,4 = 54,7 mm
Largura = 2 x altura = 2 x 54,8 mm = 109,6 mm ≅ 110 m,

5. Cavernas:

Supondo que sejam serradas:

área da seção transversal da caverna dobrada a vapor:

$$A_v = (46,5)^2 = 2.162,25 \text{ mm}^2$$

área da seção transversal da caverna serrada:

$$A_s = 1,5 \times A_v = 1,5 \times 2.162,25 = 3.243,4 \text{ mm}^2$$

Fazendo a espessura = largura, temos:

$$\text{Espessura} = \text{largura} = \sqrt{3.243,4} = 56,9 \text{ mm} \cong 57 \text{ mm}$$

Logo a caverna deverá ser feita de duas peças colocadas lado a lado com cada uma de espessura = 57 mm e largura = $\frac{57}{2}$ = = 28,5 mm

6. Forro interno (se houver):

Espessura = 0,4 x espessura do chapeamento.
Espessura = 0,4 x 27,4 = 10,96 mm ≅ 11 mm

7. Longitudinal do bojo:

área transversal = 3 x área da caverna.
área transversal = 3 x 2.162,25 = 6.486,75 mm^2

Supondo que a espessura seja 40 mm a largura será:

$$\text{Largura} = \frac{6.486,75}{40} = 162,17 \text{ mm}$$

8. Dormente:

Área transversal = 3,5 x área da caverna.
Área transversal = 3,5 x 2.162,25 = 7.567,8 mm^2

Supondo que a espessura seja 25 mm, temos:

$$\text{largura} = \frac{7.567,8}{25} = 302,7 \text{ mm}$$

9. Pequenos vaus:

Área transversal = 0,75 x área dos vaus.
Área transversal = 0,75 x 20,8 cm^2 = 15,6

Supondo a espessura = largura, temos:

Espessura = largura = $\sqrt{15,6}$ = 3,95 cm = 39,5 mm

10. Hastilhas:

Área transversal = 2 x área transversal das cavernas.
Área transversal = 2 x 2.162,25 = 4.324,5 mm^2

Largura = caverna = 28,5 mm
Altura = 4.324,5 ÷ 28,5 = 151,7 mm

Verificando se esta altura atende aos requisitos, temos: (veja a fig. 98)

altura = 5 x 28,5 = 142,5 mm - logo atende.

11. Cintas do casco e do convês:

Espessura = 0,1 x espessura do tabuado.
Espessura = 0,1 x 27,4 = 2,74 mm

Largura = 2 x espessura do tabuado.
Largura = 2 x [illegible],4 = 54,8 mm

12. Borboleta do vau:

Largura = 1,75 x espaçamento entre cavernas.
Largura = 1,75 x 254 = 444,5 mm

[illegible]

1. Parafusos de fixação do lastro:

Material = bronze 60.000 psi

Área da seção transversal = $\frac{9,5 \times \text{peso do lastro (t)}}{\text{nº de parafusos}}$

Supondo que sejam vinte os parafusos, e que o lastro pesa 4 t, temos:

$$\text{área} = \frac{9,5 \times 4}{20} = 1,9 \text{ cm}^2$$

O diâmetro (D) do parafuso será:

$$A = \frac{D^2}{4} \quad \therefore \quad D^2 = \frac{4 \times A}{} \quad \therefore \quad D^2 = \frac{4 \times 1,9}{3,14} = 2,4 \text{ cm}$$

diâmetro = 24 mm

2.3 - Madeiras.

Todas as madeiras devem ser de boa qualidade, livres de ataques de insetos, nós, rachaduras ou outros defeitos que afetem a resistência da madeira.

Devem ter no máximo 20% de umidade e as que serão coladas devem ter no máximo 15%.

É importantíssimo que as tabelas e as regras de Nevin são baseadas em madeiras com características mecânicas semelhantes as indicadas na tabela da fig. 90; portanto, ao usarmos madeiras diferentes é necessário que estas tenham características semelhantes.

É indicado nesta tabela as madeiras mais adequadas para a fabricação de cada membro da estrutura. As letras A e B indicam uma melhor qualidade para uso num determinado membro, isto é, a letra B indica que é possível usarmos a madeira para fazer o membro mas não é a mais indicada e a letra A significa que não há restrições ao uso.

Para a escolha do grau A ou B foi levado em conta as facilidades de trabalho na madeira e sua resistência.

Na escolha de uma madeira diferente da indicada na tabela, podemos consultar o livro: As Madeiras Brasileiras - Suas Características e Aplicações Industriais, editado pela Editora Industrial Teco Ltda. - São Paulo, ou ainda o Boletim nº 31 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, do Estado de São Paulo, que contém resultados de testes em cerca de 300 espécies de madeiras brasileiras.

- Compensado:

Podemos usar o compensado naval no forro do costado e do convés. Neste caso, poderemos dimensionar a espessura pela tabela da fig. 91.

Quando usamos compensado temos que utilizá-lo em painéis os mais longos possíveis.

As emendas entre compensados devem ser chanfradas ou com uma tira sobreposta aparafusada e colada. Veja a fig. 92.

LOCAIS / MADEIRAS	PESO ESPECÍFICO kg/m³	QUILHA	RODA DE PROA	CADASTE	CADASTE DO LEME	CAVERNAS	TABUADO DO CASTADO	FORRO INTERNO	LONGITUDINAL DO BOJO	DORMENTE	VAUS	PEQUENOS VAUS	TABUADO DO CONVÉS	HASTILHAS	BORBOLETA DO VAU
PEROBA DO CAMPO	700	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	B	A	A
IPÊ TABACO	1030	A	A	A	A										•
MOGNO	630					A[1]		A	B	A			A		
CEDRO	520						A						A		
FREIJÓ	550						B		B	B		B	B		

NOTAS –

1 - O MOGNO SÓ DEVE SER USADO PARA FABRICAÇÃO DE CAVERNAS LAMINADAS

2 - OUTRAS MADEIRAS PODEM SER USADAS DESDE QUE SUAS PROPRIEDADES MECÂNICAS SEJAM SEMELHANTES AS ACIMA INDICADAS.

3 - QUANDO AS MADEIRAS ACIMA INDICADAS FOREM SUBSTITUÍDAS É INDISPENSÁVEL QUE AS ESCOLHIDAS TENHAM BOA DURABILIDADE E RESISTÊNCIA AO ATAQUE DE INSETOS E ORGANISMOS VIVOS.

FIG 90

FIG. 91 - DIMENSIONAMENTO EM COMPENSADO DO CONVÊS E COSTADO.

Comprimento do barco (m)	Espessura do compensado (mm)	Largura mínima de apoio (mm)	Diâmetro dos parafusos (mm)
6	14	25	4.2
8	16	28	4.9
10	18	32	4.9
12	21	40	5.6
14	24	45	5.6
16	27	50	5.6

NOTAS: 1) O comprimento do barco a ser usado na tabela deve ser igual a $L = \frac{L_{AP} + L_{TOTAL}}{2}$

2) Deve ser feita uma correção para o pontal e espaçamento de cavernas.

A tabela abaixo nos dá para cada pontal um espaçamento de caverna básico para o uso da tabela acima. Se o espaçamento dado pela tabela de NAVIN (fig. 86) for maior que o indicado a espessura do compensado deve ser aumentada em 1,5 mm para cada 25 mm de diferença; se menor, a espessura pode ser diminuida na mesma quantidade.

PONTAL (m)	Espaçamento básico (mm)	
	Caverna dobrada a vapor	Serrada/ Laminada
1.5	155	205
1.8	170	230
2.1	185	255
2.4	200	280
2.7	215	305
3.0	230	330

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE COSTADO E CONVÉS EM COMPENSADO

O barco que estamos calculando tem um comprimento total de 12,90 m e um comprimento de linha d'água de projeto de 10,50 m e seu pontal é 2,4 m e as cavernas são do tipo serradas.

Resolução:

Pela Tabela de Navin já vimos que com o deslocamento de 10 m^3 o nosso espaçamento de caverna é 254 mm.

Para entrarmos na tabela da fig. 91 temos que calcular o comprimento adequado ao uso desta tabela:

$$L = \frac{L_{AP} + L_{TOTAL}}{2} = \frac{10.5 + 12.9}{2} = 11,7 \text{ m}$$

Com esse comprimento entramos na tabela fazendo uma interpolação como segue:

Olhando a tabela vemos que de 10,0 a 12,0 m a espessura do compensado sobe 3,0 m (21.0 - 18.0 = 3.0 mm)

Nosso comprimento é maior que 10.0 m em 1.7 m,

logo, 2.0 m — 3.0 m,

1.7 m — x — $\therefore \frac{1.7 \times 3.0}{2.0} = 2.55$ mm

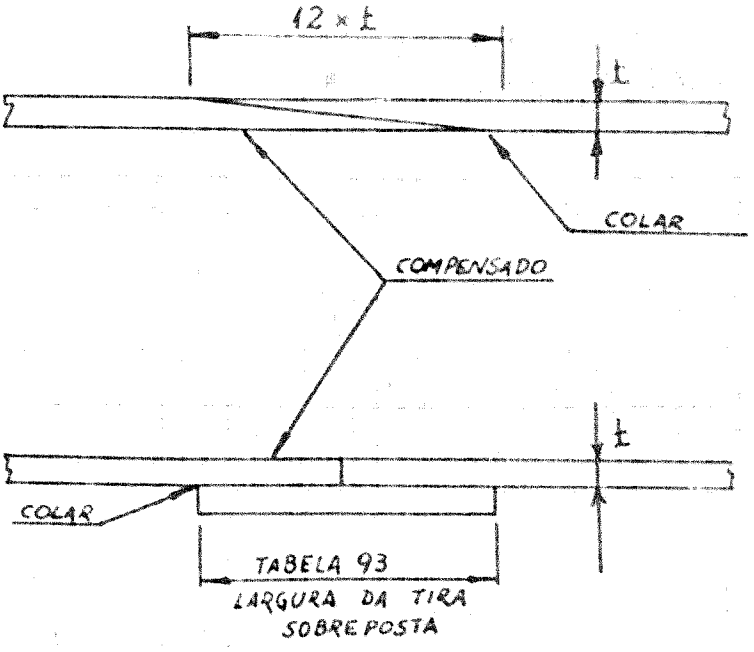
A espessura que corresponde a 11.7 m é: 18.0 mm + 2.55 mm que é igual a 20.55 mm.

É necessário agora fazermos a correção do pontal e espaçamento de cavernas.

O espaçamento básico na tabela da fig. 91 pe de 280 mm e o que iremos usar (Tabela Nevin) é 254 mm. A diferença é 280 mm - 254 mm = 26 mm, para menos, logo, podemos diminuir a espessura achada em 1,5 mm.

$$20,55 - 1.5 = 19.05 \text{ mm}$$

FIG. 92



Quando usamos juntas chanfradas, o chanfro deve ter um comprimento de no mínimo 12 vezes a espessura do compensado e se usarmos uma tira sobreposta, esta tem que ter uma largura mínima como indicada na tabela 93.

Não se deve localizar os topos de compensado próximos do mastro e em outros locais devem ser feitos o mais longe possível uns dos outros.

As espessuras indicadas são para compensados, padrão de uso naval, que tem tensão de rutura e de 500 kg/cm^2 no sentido longitudinal e 310 kg/cm^2 no sentido transversal.

Quando o compensado usado tiver calores diferentes a espessura a ser usada é:

$$\text{nova espessura} = \text{espessura da tabela} \times \frac{\text{tensão de rutura padrão}}{\text{tensão de rutura atual}}$$

O compensado não deve sofrer curvaturas excessivas.

Normalmente o compensado quando sujeito a curvatura, deve ter um raio mínimo como indicado na tabela da fig. 94.

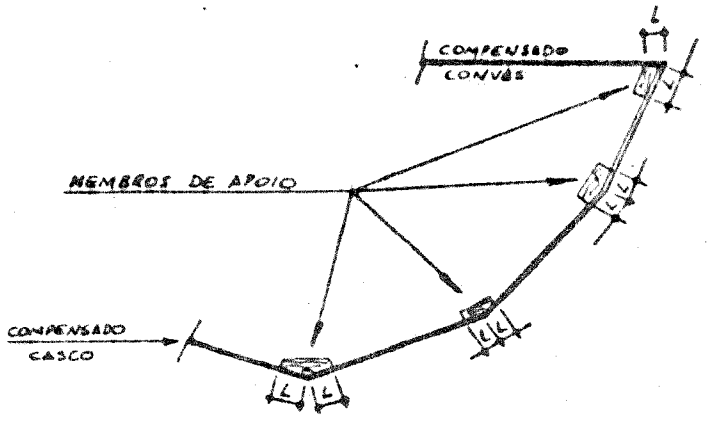
93 - TABELA PARA EMENDA ENTRE COMPENSADOS.

Espessura (mm)	Sobreposição mínima nos membros de apoio (mm)	Diâmetro dos parafusos (mm)	Largura das tiras sobre postas (mm)
6	25	4.2	150
8	28	4.9	176
10	32	4.9	200
13	44	5.6	250
16	50	5.6	280
19	57	6.3	330
22	63	6.3	355
25	63	7.0	380

NOTAS:

1) O diâmetro indicado é da parte não rosqueada.

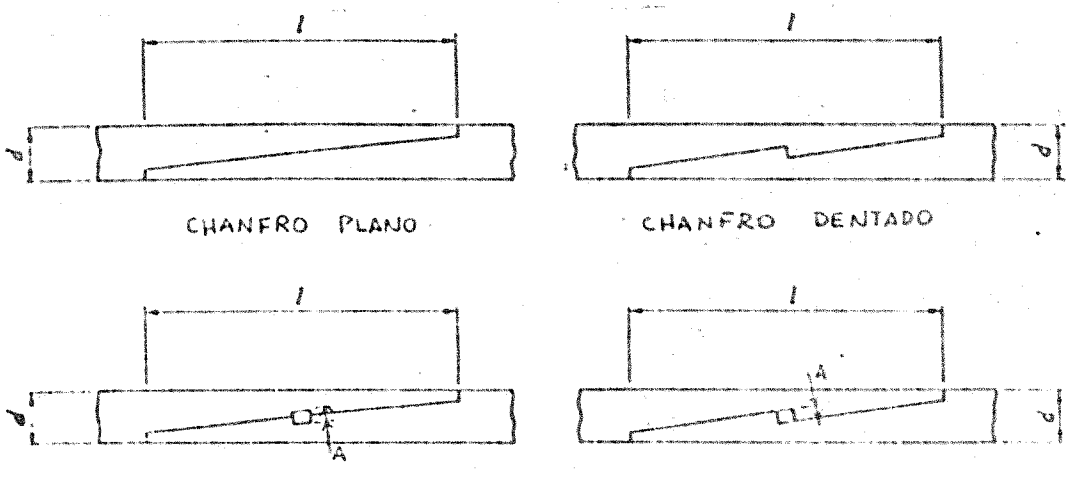
2) A segunda coluna é um dado muito importante. Refere-se à sobreposição L, nos apoios do compensado.
Ver Figura abaixo.



ESPESSURA	RAIO MÍNIMO NO SENTIDO DO COMPRIMENTO	RAIO MÍNIMO NO SENTIDO DA LARGURA
6.35	610	381
9.50	1370	914
12.70	2440	1829
15.90	3048	2440
19.05	3657	3048

FIG. 94 - TABELA PARA LIMITE DE CURVATURA EM COMPENSADOS

(TODAS AS MEDIDAS EM mm)



$A = (1/4 \sim 1/8) \times d$; $l = 6 \times d$ (NO MÍNIMO)

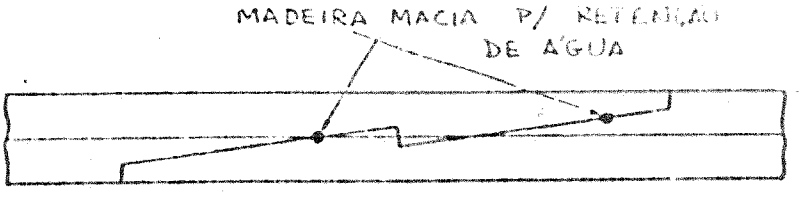
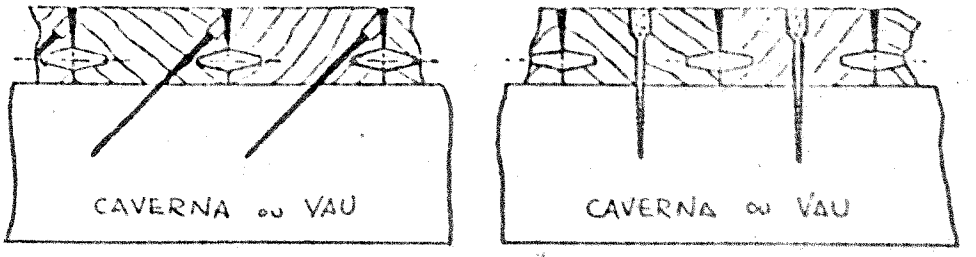
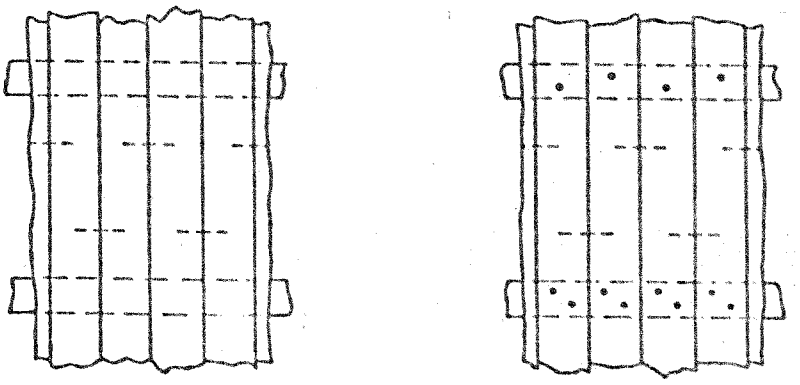


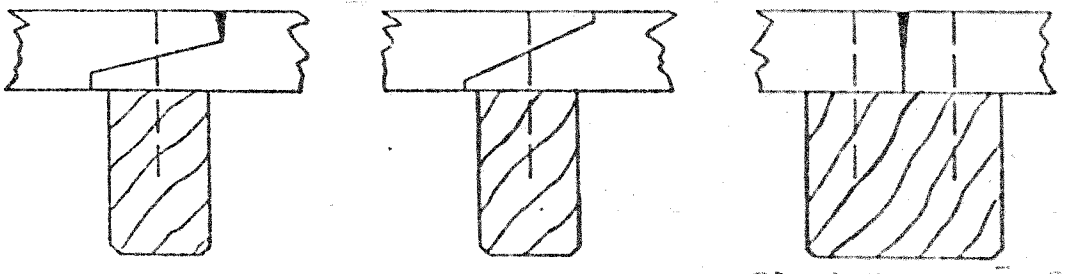
FIG 95 - DETALHES DE LIGAÇÕES PARA A QUILHA



FIXAÇÃO C/ PARAFUSOS OCULTOS

FIXAÇÃO COM PARAFUSOS APARENTES

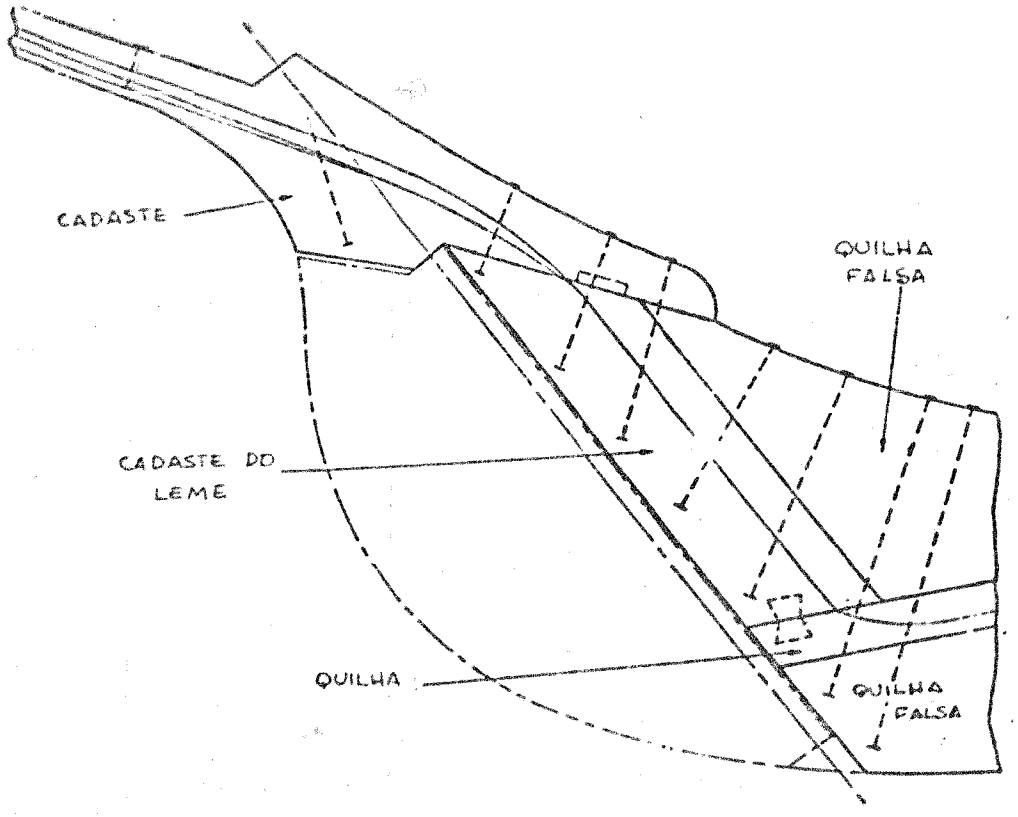


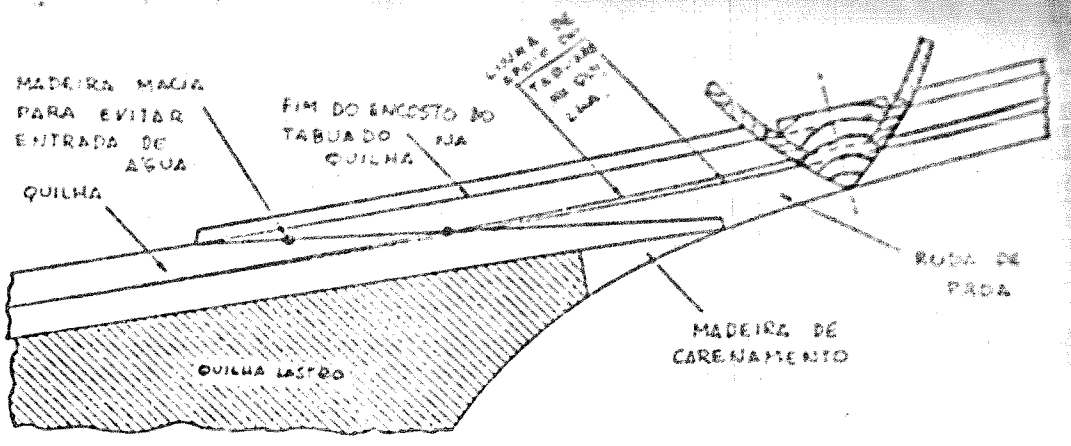


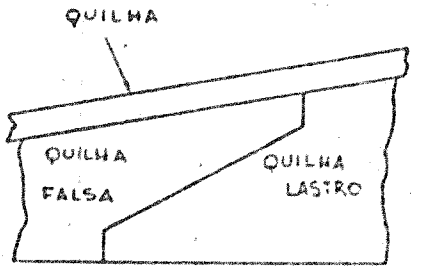
ODO. A JUNTA NÃO FOR CHANFRADA O VAU DEVE SER DUPLO

EMENDA DO TABUADO DO CONVÉS SOBRE OS VAUS

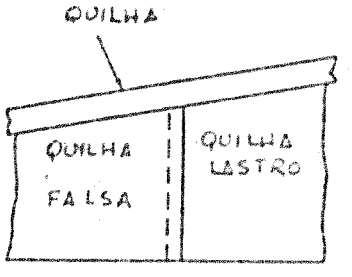
FIG 96 - DETALHES DIVERSOS DE EMENDA E FIXAÇÃO DO TABUADO



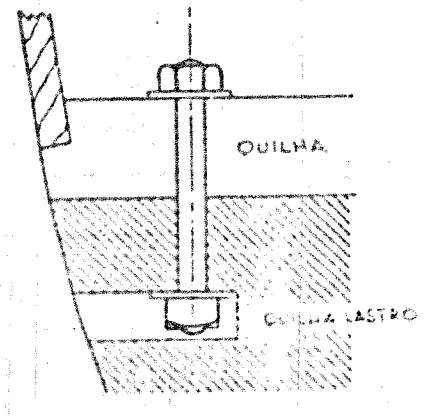




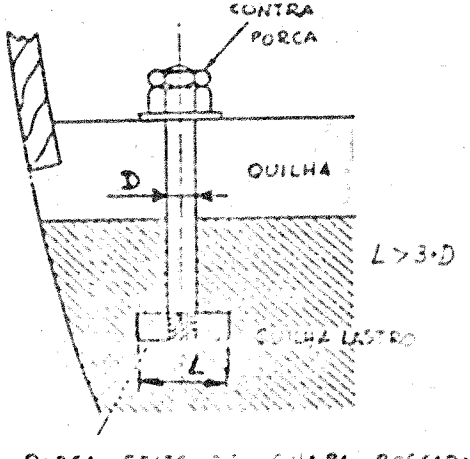
LIGAÇÃO DENTADA



LIGAÇÃO POR ENTALHE



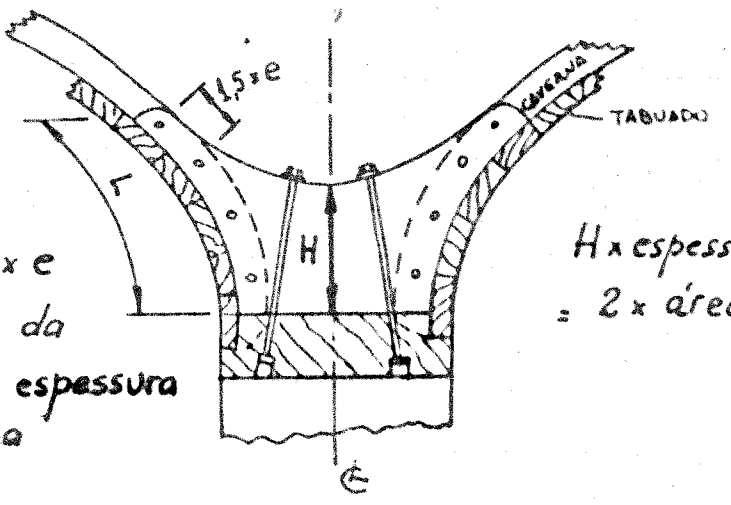
RECESSO PARA PORCA. FECHAR O RECESSO APÓS.



PORCA FEITO DE CHAPA ROSCADA

FIG. 97 _ DETALHES DA QUILHA,

CADASTE E LIGAÇÕES DA QUILHA LASTRO



L MÍNIMO = 6 x e

e = espessura da hastilha = espessura da caverna

H x espessura da hastilha = = 2 x área das cavernas

FIG 98 - HASTILHA

VOCABULÁRIO TÉCNICO EM INGLÊS

BASE LINE - Linha de base.
IRON KEEL - Quilha de ferro fundido (quilha lastro).
OAK - Carvalho (madeira).
FLOOR TIMBERS - Hastilhas de madeira.
STEP FOR MAST - base para o mastro.
FRAMES ALL SPACED 9" - Cavernas com espaçamento de 9 polegadas.
DEAD WOOD - Quilha falsa.
DECK BEAMS - Vaus do convês.
COVERED WITH 1/2" PLYWOOD - Coberto com compensado de 1/2 polegada.
CLAMP - Dormente.
CARLINS FOR AFT COCKPIT - Sicorda do cockpit de ré.
COCKPIT COAMING - Lateral do cockput.
HATCH - Escotilha.
CABIN TOP - Teto da cabine.
PLYWOOD DECKING - Convês de compensado.
BREAST HOOK - Peça de acabamento para o dormente, na proa.
FILLER - Algo que completa, preenche.
FINISHED MAHOGANY OUTSIDE PLANKING . Tabuado do casco em mogno.
CARLINS FOR CABIN SIDES - Sicorda da lateral da cabine.
GALVANIZED (GALV.) BOLTS - Parafuso galvanizado.
SIDED KNEE - Joelho de proa.
YELLOW PINE - Pinho amarelo (madeira).
BILGE STRINGER - Longitudinal do bojo.
SIDED STEM - Roda de proa.
BOWSPRIT -
BITT - Cabeço (peça que serve para amarrar a corda de atracação).
FORE MAST - Mastro de vante.
LIFT HATCH - Escotilha de virar.
BULKHEAD - Antepara (parede estrutural do barco).
DOOR - Porta.
WINDOWS SPACED 17" - Janelas espaçadas de 17 polegadas.
AFT MAST - Mastro de ré.
MAIN MAST - Mastro principal (o maior mastro).
SLIDING HATCH - Escotilha de correr.
COCKPIT FLOOR - Piso do cockpit.
CAST BRONZE - Fundido de bronze.
RUDDER POST - Madre do leme (peça que transmite o movimento de rotação ao leme).
TRANSOM - Espelho.

HORN TIMBER - Cadaste.

RUDDER - Leme.

SHAFT LOG - Peça que contêm a passagem do eixo do hélice.

GLASS - Vidro.

CANVAS - Tecido usado para impermebealizar o convés e teto da cabine.

VOLUME VIII - PARTE PRÁTICA.

- REFERÊNCIAS PARA PROJETO -

Vimos no Volume III que um projetista de barcos tem que ter um banco de dados para se orientar na elaboração de um projeto.

Para facilitar a criação deste banco de dados, listamos abaixo uma relação de barcos com algumas de suas características principais.

Todos os barcos listados estavam expostos no Salão de Paris, em janeiro de 1980.

Recomendamos a todos os nossos alunos que comprem a revista BATEAUX, editada mensalmente na França e que traz uma seção de análise de projetos de barcos à vela.

Lpp m	Lap m	Boca m	Calado m	D kg	Lastro kg	Área Vélica m^2	Altura cabine m	Material	NOME (Projetista)
4,60	3.80	1.80	0,50	300	70	12.0	—	C	CARAVELLE PECHE (HERBULOT)
5,00	4.35	2.00	0,15/1,10	360	80	13.0	—	F	JAVELOT (AUBIN)
5,50	5,15	2.45	0,10/1,00	500	150	18.5	1.25	F	EXPRESSION DL (D CHARLES)
5.65	4,50	2.44	0,70	550	150	18,5	1.35	F	EDEL 545 (M [illegible])
5.70	4.90	2.10	050/1.00	580	180	18,5	1.35	F	EDEL 2 DL (M [illegible])
5,90	5.05	2.35	0.78	600	180	18.0	—	F	FIRST 18Q (J M FINOT)
5.90	5,10	2.32	045/1.10	550	150	18,5	1,35	F	MICRO CHALLENGER (J GAUBERT)
6.00	5.34	2.20	0,50/1.20	900	350	16,7	1.30	F	JIDZO DL SERGENT
6,20	5.20	2.48	0,60/1.00	750	250	21,5	1.70	F	EDEL 600 Q (M LOPEL)
6,90	5,60	2.70	1.10	1200	530	19,5	1.30	F	FLIRT D (JEANNEAU)
6,90	5,55	2.50	1.00	1090	400	26.0	1.45	F	EDEL 660
7.00	6.00	2.40	0,30/1.30	1150	300	25.0	1.76	C	720 G DL (ARCN)
7.25	5.80	2.50	1.50	1700	620	35.0	1.70	F	BOXER 24 (LECCARELLI)
7.47	6.38	2.40	0,35/1.30	1280	365	27.0	1.79	C	747 DL ([illegible])
7.50	5,80	3.00	1.45	1800	700	26.0	1.72	F	SAKE
7.72	6.15	2.70	1.50	1900	900	32.6	1.76	F	JOUET 20
8.05	5.80	2.70	1.25	1700	700	31,5	1.72	F	SANGRIA NV (PH HARLE)
8.28	6.30	2.18	1.30	1450	725	24.9	1.40	F	H. BOAT (H GROUP)
8.70	—	2.92	1.70	2800	950	43.0	1.80	C	F 865 (FRANCOUEVILLE)
9.00	7.10	3.05	1.55	2500	900	35.0	1.83	F	CHALLENGER EUROPE (J GAUBERT)
9.55	7.75	3.15	1.40	3200	1140	49.0	—	F	RUSH (HOLLAND)
9.75	7.80	3.25	1.60	3400	1500	60.0	1.80	BM	975 SPORT (BECN)
9.98	8.66	3.19	1.82	4600	2500	60.0	1.82	F	CONTENTION 33 (D PETERSON)
10.30	—	3.17	1.90	4700	1900	53.0	1.90	CP	BARBARA (A NAVALS ASSOCIÉS)
10.45	8.40	3.10	1.60	6000	2500	88.0	—	F	NAJAD 34 (ENDERLEIN)
10.70	8.80	3.70	1.30/1.90	4750	2200	70.0	1.85	F	FIRST 35 (J BERRET)
10,86	8,81	3,55	2.05	6500	3200	76.0	1.85	F	HIGH TENSION 36 (J DE RIDDER)
11.00	9.98	3.81	1.95	6500	3000	79.0	1.95	F	JOUET 37 (TOSTAROLO)
11.40	9.15	3.80	1.90	7800	2700	82.0	2.00	F	GIB'SEA 37 (M JOUBERT)
11.70	9.26	3.60	1.90	6500	2700	83.0	1.95	AL	BRISE DE MER 38 (FINOT)
12.0	9.60	3.70	2.05	9000	4500	100.0	1.90	AL	DUFOUR A 9000 (VALENTIN)
12.33	9.83	3.45	1.80	12000	4500	90.0	1.90	F	ALPA 42 (STEPHENS)

C = COMPENSADO F = FIBRA AL = ALUMÍNIO BM = MADEIRA MOLDADA

VOLUME VIII - EXERCÍCIO

1. Calcule a estrutura de madeira do barco que desenhamos no Volume II e faça um desenho idêntico à fig. 82 ou fig. 84 para ele, indicando o dimensionamento calculado (escantilhões).

2. Após feito o desenho acima, calcule o peso e centro de gravidade da estrutura calculada, com o auxílio da Tabela I, do Volume V.

NOTA: Envie os desenhos em cópia heliográfica e anexe em folha separada todos os cálculos efetuados. Coloque nome e endereço nos desenhos e nome em todas as folhas.

Envie duas cópias dos desenhos e dos cálculos para que uma fique em nossos arquivos.

VOLUME IX - TEORIA

CONSTRUÇÃO EM FIBRA DE VIDRO

1. INTRODUÇÃO.

Um dos materiais modernos que mais benefício trouxe para a construção naval de embarcações pequenas (abaixo de 20 m) foi sem dúvida nenhuma o que conhecemos por fibra de vidro.

Graças a ele construímos um veleiro de seis metros em trinta dias, enquanto que se feito de madeira levaríamos 150 dias.

Outra vantagem extraordinária é a pouca necessidade de manutenção e a enorme facilidade de reparo.

São conhecidos casos de barcos lançados em cima do cais por furacões, sofrendo grandes avarias e que ficaram como novos após os reparos.

2. O PROCESSO DE FABRICAÇÃO.

O nome "fibra de vidro" para o produto final é errado. Este deveria ser chamado de plástico reforçado com fibra de vidro, pois o material principal é o plástico. A fibra de vidro é uma adição ao plástico para melhorar sua resistência mecânica.

Podemos comparã-lo ao concreto, onde o cimento faz o papel de plástico e o ferro o da fibra de vidro. Como no concreto, toda a peça que queremos fazer necessita de um molde, que traduz a forma da peça. Esta é construída, na maioria das vezes, com a face de acabamento em contato com o molde. Veja Fig.99

O processo de fabricação consiste em vencermos quatro etapas:

1a.) Preparar o molde encerando-o com cêra apropriada e dando lustro com estôpa seca e flanela até ficar brilhando.

2a.) Aplicar um desmoldante para não deixar o plástico colar no molde.

3a.) Aplicar o Gel-coat, que nada mais é que uma resina colorida na cor que desejamos para a peça.

4a.) Aplicar o plástico e a fibra de vidro alternadamente até chegarmos à espessura desejada.

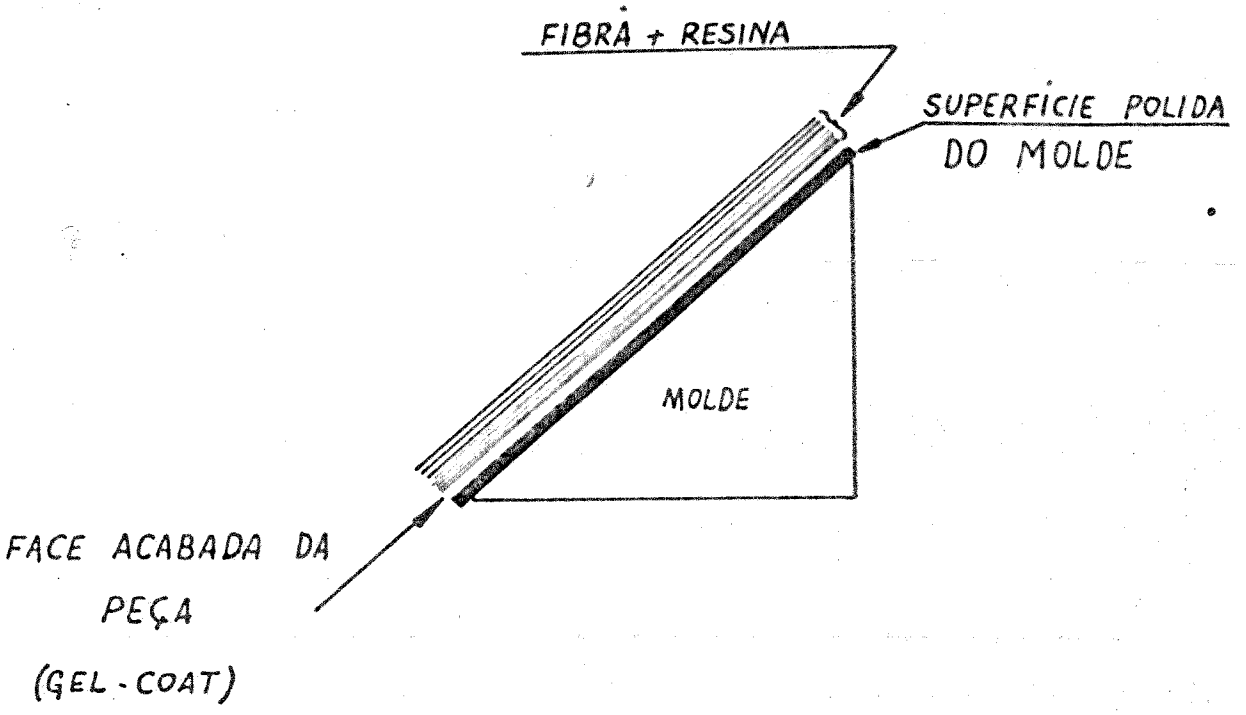


FIG. 99

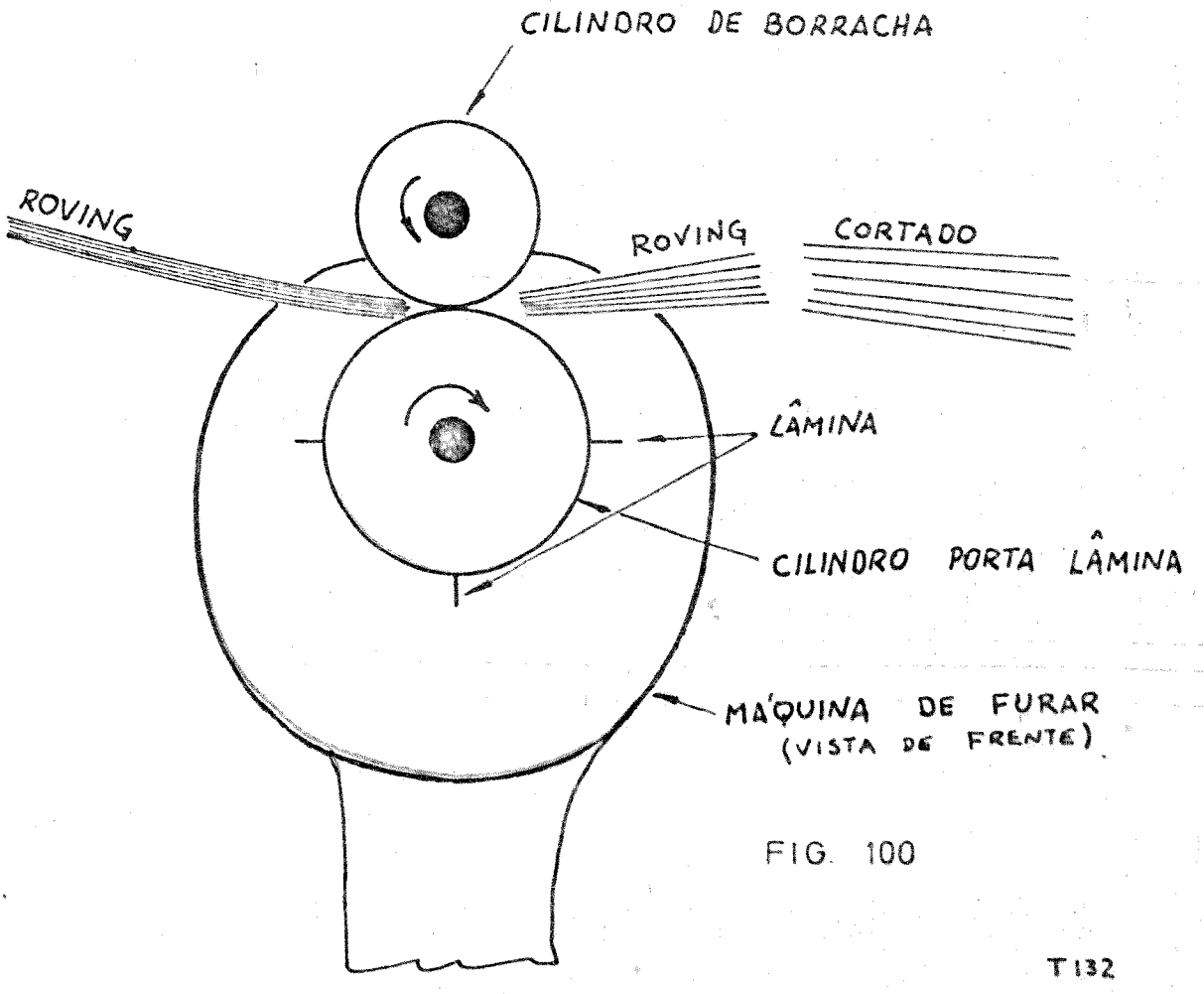


FIG. 100

3. O PLÁSTICO.

É uma resina poliéster ou epoxy. A mais usada é a poliéster. A epoxy é mais resistente porém mais cara.

No Brasil temos dois fabricantes principais de resina poliéster: RESANA S/A e ALBA S/A.

A resina tem uma cor amarelo claro como o óleo SAE 30, que colocamos no carro, porém um pouco mais viscosa. O endurecimento da resina se dá adicionando-se um acelerador e um catalizador em proporções exatas para que não haja um endurecimento rápido ou lento demais.

A reação que produz o endurecimento se inicia quando adicionamos o catalizador à resina, previamente misturada com o acelerador (acelerada). Esta reação produz calor e quanto mais rápida, maior o calor gerado, o que pode prejudicar a resistência do laminado.

Existem diversos tipos de resina poliéster e só algumas devem ser usadas na construção naval.

É sempre conveniente consultar os fabricantes de resina para saber a mais adequada, pois sempre sofrem reformulações para melhorar suas características.

A relação em peso entre a quantidade de fibra e a de resina é 1:2 a 1:2,5, isto é, 1 quilo de fibra deve ser impregnado com 2 kg a 2,5 de resina.

4. O CATALIZADOR E O ACELERADOR.

O MEK (Metil Etil Ketone) e o butanol são os catalizadores mais usados, sendo que o último é melhor.

A proporção de catalizador em volume é de 1,0% do volume da resina. Dependendo da temperatura ambiente, temos que diminuir ou aumentar esta quantidade, sendo que quanto mais alta a temperatura menor a quantidade que devemos colocar de catalizador.

O acelerador deve ser o naftanato de cobalto e sua proporção é de 0,25% do volume da resina.

Naturalmente estas porcentagens devem ser confirmadas pelo fabricante da resina. Aconselhamos a comprar do fabricante, resinas já aceleradas por eles. Estas resinas são conhecidas por pré-aceleradas.

Uma vez colocado o catalizador na resina acelerada, dá-se início a reação e em poucos minutos a resina começa a gelatinizar, impedindo sua aplicação. Por isso, deve ser preparada em pequenas quantidades.

5. GEL-COAT.

É uma resina em que são adicionados pigmentos de cor. Aconselhamos a comprar o Gel-Coat já pronto.

A cor branca já é um produto industrializado e as demais devem ser solicitadas sob encomenda a fornecedores de confiança.

6. A FIBRA DE VIDRO.

A matéria-prima são bolas de vidro especial, tipo E, de baixa alcalinidade e alta estabilidade química, que são fundidas e escorridas em fios de cerca de 0,01 milímetros de diâmetro.

Cerca de 200 fios destes formam um fio mais grosso que chamamos de roving e é vendido em rolos de aproximadamente 20 kg.

Para aplicarmos o roving devemos ter uma máquina simples, mostrada na Fig.100 , que acoplamos a uma máquina de furar.

Esta máquina simplíssima corta o roving em pedaços de 25 mm de comprimento e lança na resina líquida que está sobre o molde.

Com um pincel embebido em resina, forçamos a fibra a penetrar na resina anteriormente espalhada e igualmente a recobrimos com a resina do pincel.

Além de usarmos o roving como acima, encontramos no comércio tecidos feitos de roving que podem ser de dois tipos:

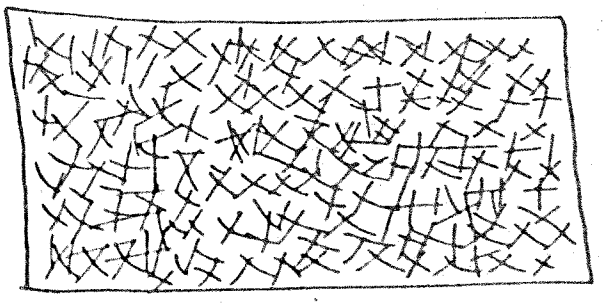
a) Manta:

É um tecido feito de roving cortado também em pedaços de 25 mm porém totalmente sem resina. É colocada uma substância imperceptível que liga os pedaços e ambas são prensadas formando então um tecido. Veja a fig.101

b) Woven Roving:

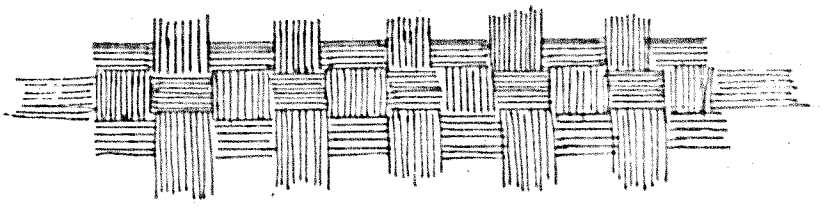
Este já é fabricado trançando-se o roving, normalmente a 90°. Fig 102.

Existem diversos tipos de mantas e woven roving.



MANTA

FIG. 101



WOVEN ROVING

FIG. 102

Normalmente eles são diferenciados pelo peso de fibra por metro quadrado.
Assim, as mantas mais usadas são as de 125 g/m^2, 225 g/m^2 e 450 g/m^2.
Os tecidos são identificados na unidade inglesa "onça" por pé quadrado. No comércio é muito usado citar-se somente onças e abrevia-se por OZ.
O woven roving mais usado é o de 16 OZ e 24 OZ.
Um tecido especial chamado cloth do mesmo tipo do Woven Roving porém bem mais leve pode ser usado para reforçar o Gel Coat e impedir que pedaços de fibra atravessem o Gel Coat e prejudiquem a superfície de acabamento. Ele deve ser aplicado logo após a colocação do Gel Coat no molde.

A vantagem dos tecidos sobre o roving cortado na hora é que a espessura do laminado fica constante sendo mais fácil de ser controlada.

7. O MOLDE.

Pode ser feito de qualquer material porém a superfície de moldagem tem que ser lisa sem poros e quanto mais espelhada melhor.

Não deve ter cantos vivos. Todos devem ser arredondados e quanto maior o raio melhor.

As superfícies verticais devem ficar o mais inclinado possível. O molde tem que ser feito com muito cuidado para que não haja retenção da peça.

Para barços podem ser feitos moldes fêmeas ou machos. Pode-se mesmo construir um barco em madeira e dele tirar um molde em fibra de vidro.

Os moldes podem ser cortados ao meio ou constarem de várias partes.

8. A CÊRA E O DESMOLDANTE.

Pode ser usada a cera Poliflor Incolor para peças pequenas, porém aconselhamos usar para peças grandes uma cera apropriada para laminações de fibra de vidro. As melhores são as importadas e também a cera de carnaúba. Esta tem a desvantagem de ser difícil de ser usada, devido sua dureza.

Não se deve usar ceras com silicone. A cera serve para dar brilho, preencher os poros da superfície e age também como desmoldante.

O desmoldante mais usado é o alcool polivinílico, que pode ser passado no molde com a ajuda de uma esponja embebida. É um produto que se encontra em lojas especializadas de material para laminação com fibra de vidro.

Depois de passado sobre o molde, o solvente evapora e forma-se uma película incolor, com aparência do papel transparente, que envolve o masso de cigarro porém bem mais fina e que não deixa a resina entrar em contato com o molde.

9. EQUIPAMENTOS AUXILIARES.

Pincéis com cerca de 10 cm de largura são usados para impregnar a fibra com resina e rolos sólidos de plástico ou metal, veja fig. 103, são usados para assentar a fibra e retirar as bolhas de ar da resina.

Usa-se solvente para limpeza dos pincéis e dos rolos que não podem ficar sujos de resina pois esta rapidamente endurece inutilizando o equipamento.

10. EQUIPAMENTOS ESPECIAIS.

Existe no mercado uma pistola que lança a resina e a fibra picada simultâneamente sobre o molde. A resina acelerada vem do tambor sob pressão e se mistura com o catalizador na pistola e é lançada sobre o molde.

A fibra é cortada num dispositivo semelhante ao da fig.100 que fica montado sobre a pistola.

11. CONSTRUÇÃO SANDUICHE.

Um dos artifícios de se aumentar a resistência de um laminado sem aumentar o peso, logo o custo, é fazermos um sanduiche de laminado cujo miolo é um material levíssimo. Veja a Figura 104

Esse material pode ser balsa, espuma de poliuretano, papelão em forma de colméia ou qualquer material que não reaja com a resina.

O material não influi na resistência do laminado, somente a separação das duas camadas é que contribui para este aumento.

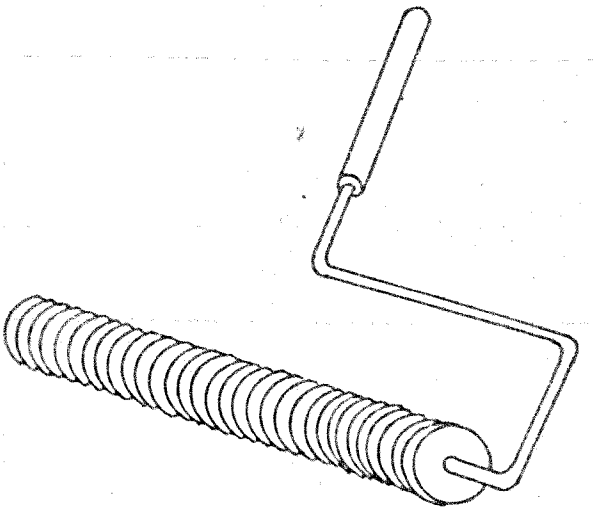
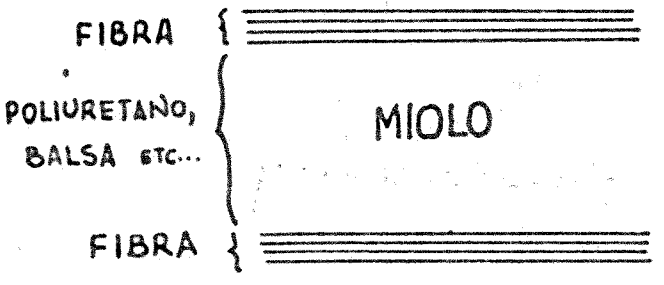


FIG 103

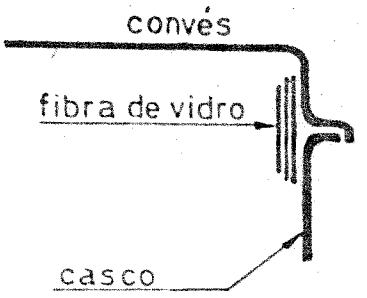


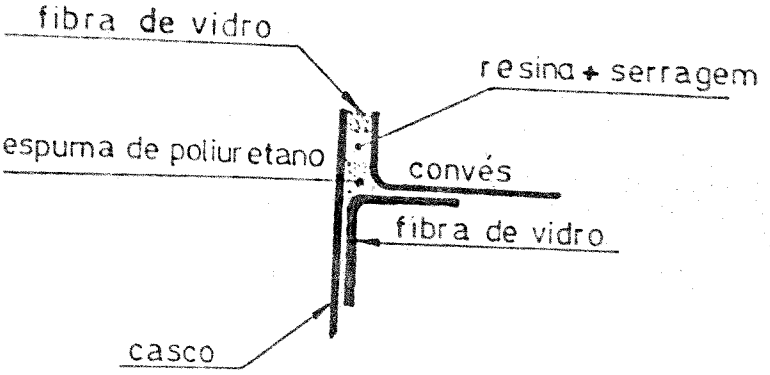
CONSTRUÇÃO EM SANDUICHE

FIG. 104

12. DETALHES DE CONSTRUÇÃO.

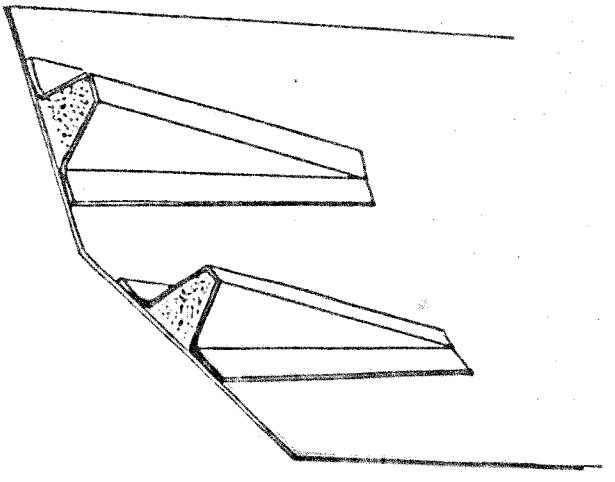
Nas Figuras 105 e 106 mostramos como devem ser feitos os detalhes de construção e laminação.





LIGAÇÕES CONVÉS X CASCO

FIG. 105



JAZENTE DO MOTOR

FIG. 106

13. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA.

As informações dadas a seguir são válidas apenas para projetos de embarcações cujo comprimento não exceda 30 m, ou cuja velocidade seja menor que 35 nós.

13.1 - PROPRIEDADES DO MATERIAL.

Considerando-se uma espessura nominal do laminado de 0,7 mm por 300 g/m^2 de fibra, isto é, para cada 300 g de fibra numa superfície de 1 m^2 temos uma espessura média de 0,7 mm, as propriedades mecânicas do material deverão ser:

Tensão de ruptura	5,66 kg/mm^2
Módulo para tração	647 "
Máxima tensão para flexão	16,5 kg/mm^2
Módulo para flexão	531 "
Máxima tensão de compressão	11,9 kg/mm^2
Módulo para compressão	612 "
Máxima tensão cizalhante	6,32 kg/mm^2
Módulo para cizalhamento	280 "
Máxima tensão de cizalhamento entre camadas	1,76 kg/mm^2

Deve-se garantir que a fibra fique totalmente impregnada com a resina, de modo a se atingir uma percentagem máxima, em peso, de fibra de vidro no laminado (fibra + resina) de:

Manta	0,34
Woven roving	0,50
Fio unidirecional (roving).	0,54

13.2 - ESPESSURA DO LAMINADO.

A espessura laminada t, que assumimos, é a soma das espessuras de cada camada do laminado, excetuando-se a espessura do gal-coat e calculadas através da seguinte equação:

$$t = \frac{P}{3072}\left(\frac{2,56}{q_f} - 1,36\right) \text{ mm} \qquad \text{(eq. 1)}$$

onde: P = peso do laminado em g/m^2.

q_f = quantidade de fibra de vidro contida no laminado.

Utilizar para a quantidade q_f, os valores dados acima, em percentagem em peso, de fibra de vidro.

Ex.: $q_f = 0,34$ (no caso de utilizarmos mantas de fibra de vidro).

Deve-se indicar nos desenhos de estrutura, as propriedades mecânicas do material, espessura e quantidade de fibra de vidro no laminado.

13.3 - DEFINIÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO.

a) Comprimento estrutural (L).

O comprimento estrutural para fins de cálculo é obtida da seguinte equação:

$$L = \frac{L_T + L_L}{2}$$

onde: L_T = é o comprimento toral do barco e,

L_L = é o comprimento da linha d'água de projeto.

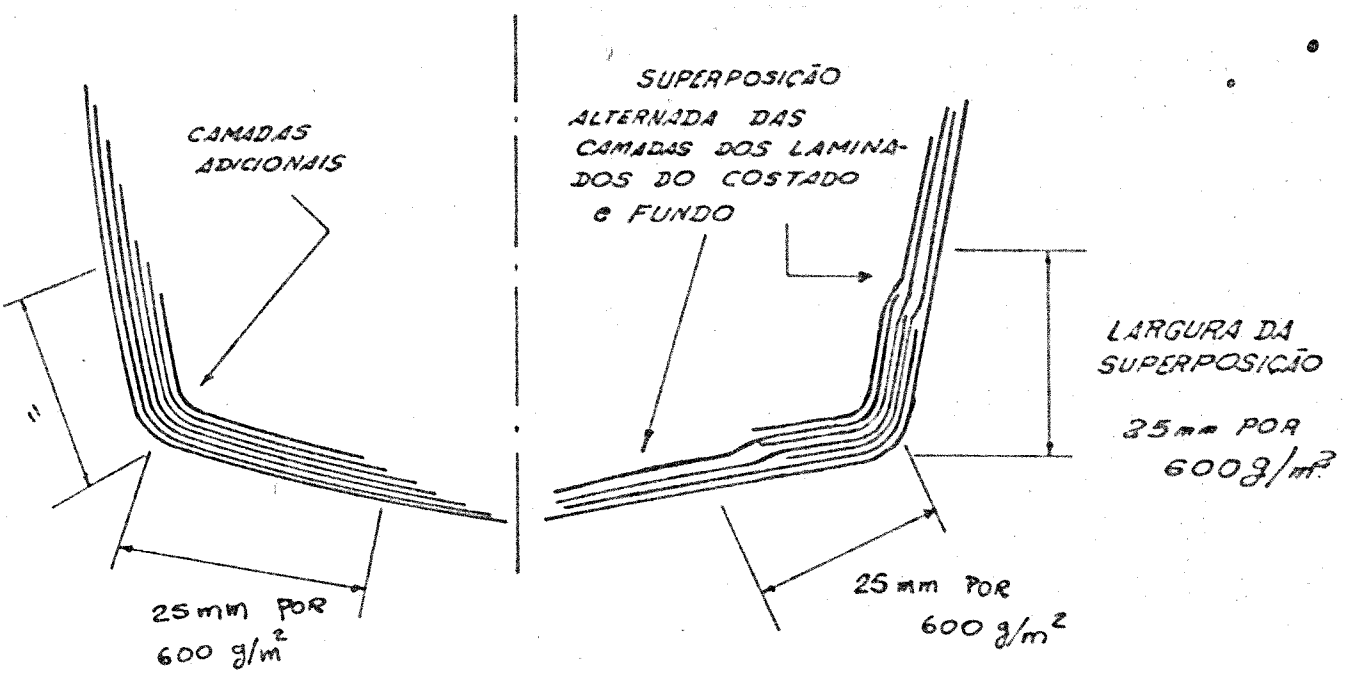
b) Espaçamento básico entre reforço, longitudinais ou transversais:

Esp. = 350 + 5 x L

onde L é definido no item 13.3.a), acima

14. CHAPEAMENTO DO CASCO.

14.1 - Chamamos de chapeamento do casco, o invólucro laminado em camadas sucessivas de fibra e resina, tendo externamente o Gel coat, aplicado segundo as recomendações feitas anteriormente. Quando existirem mudanças bruscas de forma do casco tais como quinas entre o costado e o espelho de popa, ou entre o fundo e a quilha, deve-se reforçar estas regiões, colocando-se camadas adicionais de laminado (fibra + resina) ou superpondo-se as camadas já existentes como mostrado abaixo.



O peso total do laminado na região da superposição deve ser, no mínimo, duas vezes o peso do laminado na região próxima à mudança de forma.

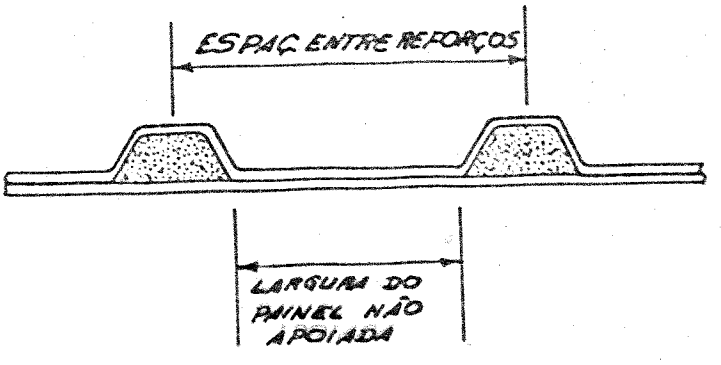
14.2 - Tabela para cálculo do laminado do casco.

A tabela mostrada abaixo, fornece resultados cuja unidade é g/m^2 e que representam o peso em gramas da fibra de vidro contida em 1 m^2 de laminado.

COMP L (m)	ESPAÇAMENTO BÁSICO ENTRE REFORÇOS (mm)	PESO DO LAMINADO DO CASCO g/m²		CHAPEAMENTO LATERAL DA QUILHA g/m²	CHAPA QUILHA	
		FUNDO	COSTADO		LARGURA (mm)	PESO DO LAM g/m²
1	2	3	4	5	6	7
6	380	3050	2150	4200	380	6000
8	390	3500	2500	4550	430	6400
10	400	3900	2850	4900	480	6800
12	410	4300	3200	5250	535	1200
14	420	4650	3550	5600	585	7600
16	430	5050	3850	5950	635	8000
18	440	5400	4150	6300	685	8400
20	450	5750	4450	6650	735	8800
22	460	6100	4750	7000	785	9200
24	470	6450	5050	7350	840	9600
86	480	6800	5350	7700	890	10.000
28	490	7150	5650	8050	940	10400
30	500	7500	5950	8400	990	10800

TABELA I

Quando o espaçamento entre reforços não for igual ao estimado na tabela, calcular por interpolação o valor correspondente do peso do laminado.



OBSERVAÇÕES RELATIVAS A TABELA.

a) Quando a razão de aspecto R (razão entre o comprimento e a largura do painel) for menor do que 2, o valor da tabela deve ser corrigido multiplicando-se este valor pelo fator K obtido da seguinte equação:

$$K = 0,54 + 0,23\ R$$

b) O valor corrigido do peso do laminado não deve ser menor que 70% do valor da Tabela, isto é,

V_R = valor corrigido

V_T = valor da tabela

$$V_R \geq 0,7 \times V_r$$

c) Os valores da coluna 5, chapeamento lateral da quilha, não devem ser corrigidos, mas não devem ser menores que o valor corrigido do peso do laminado do fundo. Se em algum cálculo isto acontecer, use o valor do peso do laminado do fundo.

d) Também a chapa quilha não deve ser corrigida mas os valores obtidos não devem ser menores do que 1,5 vezes o valor corrigido do peso do laminado do fundo.

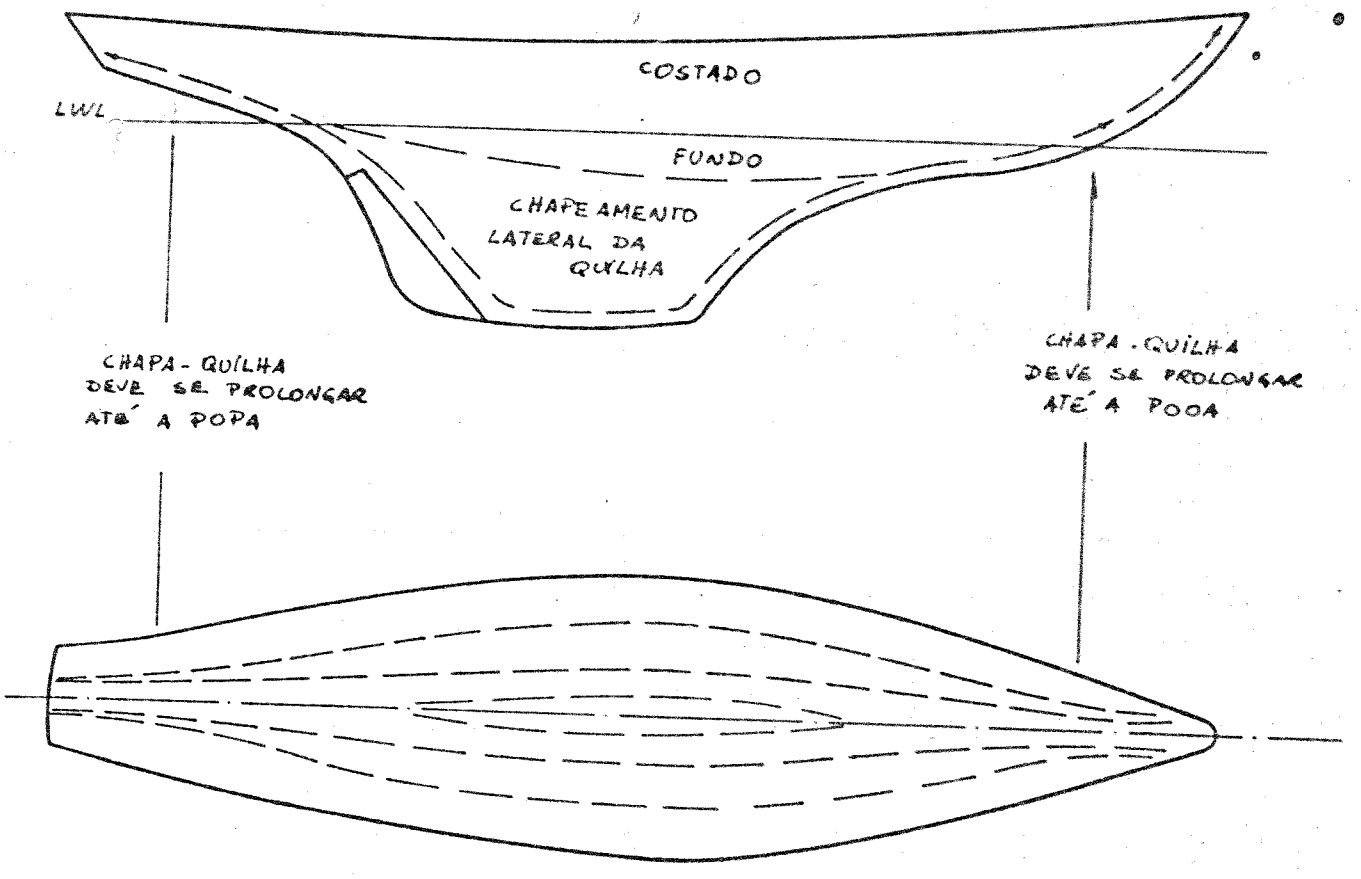
14.2.1 - UTILIZAÇÃO DA TABELA I

a) Os valores para o casco obtidos nas colunas 3 e 5 devem ser mantidos ao longo de todo o comprimento do barco, sendo que os valores obtidos para o fundo devem ser extendidos até 150 mm acima da linha d'água de projeto.

b) Os valores mínimos para a largura e espessura da chapa quilha estão mostrados nas colunas 6 e 7 da Tabela e se baseiam na quilha laminada mostrada na figura 107.

c) As dimensões da chapa quilha devem ser extendidas por todo o comprimento do barco incluindo-se popa e proa. Ver figura 107

d) Se o barco possuir duas quilhas com lastro, a espessura do laminado do casco não deve ser menor do que os valores dados na coluna 5 da Tabela


COSTADO
LWL
FUNDO
CHAPEAMENTO LATERAL DA QUILHA
CHAPA - QUILHA DEVE SE PROLONGAR ATÉ A POPA
CHAPA - QUILHA DEVE SE PROLONGAR ATÉ A PROA

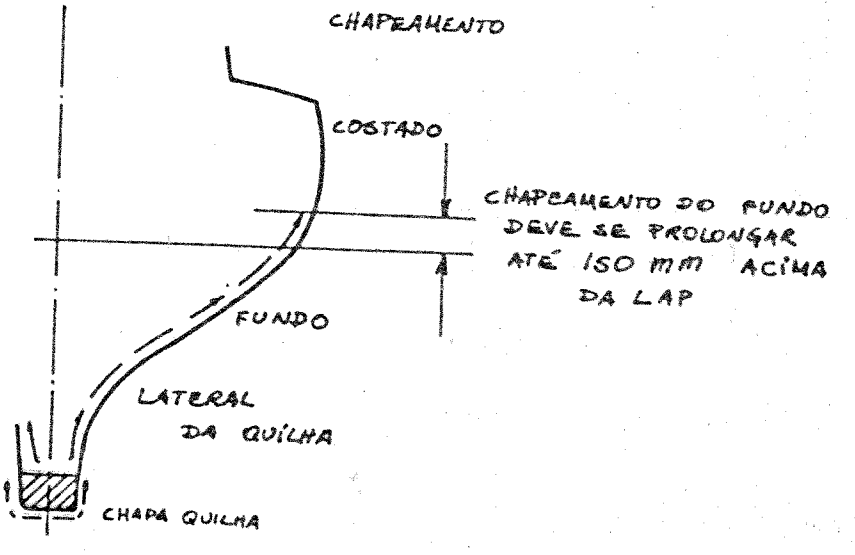

CHAPEAMENTO
COSTADO
CHAPEAMENTO DO FUNDO DEVE SE PROLONGAR ATÉ 150 mm ACIMA DA LAP
FUNDO
LATERAL DA QUILHA
CHAPA QUILHA

FIG 107

e) No caso de existir um rudder skeg, seu módulo de seção, SM, e o momento de inércia, I, devem ser maiores que os valores determinados pelas equações abaixo:

$$SM = \frac{V^2 . AL . d}{550} \quad cm^3$$

$$I = \frac{V^2 . AL . d^2}{36000} \quad cm^4$$

onde: V - velocidade máxima do barco, em nós.

AL - área lateral do leme, em m^2.

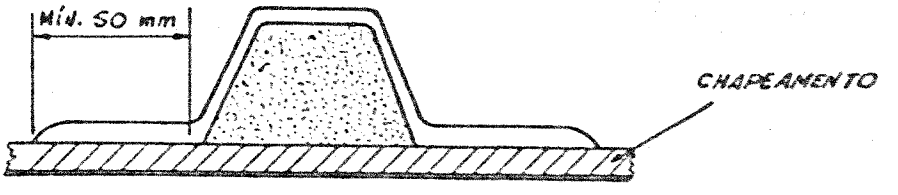
d - distância entre a seção considerada e o pino inferior do leme, em mm.

15. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA INTERNA.

Deve-se projetar um eficiente sistema de reforços no costado e fundo que aliados com longarinas, anteparas ou cavernas gigantes, garanta a rigidez transversal do barco.

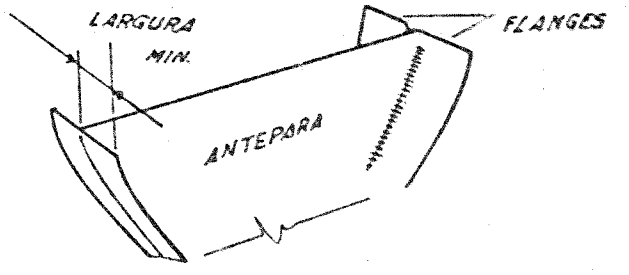
Esse arranjo estrutural pode ser transversal ou longitudinal ou ainda, uma combinação dos dois.

De qualquer modo, se as cavernas ou reforços forem do tipo topezoidal, a largura da ligação do reforço ao chapeamento, deve ser de 25 mm, mais 12 mm para cada 600 g/m^2 de fibra colocada no reforço, não podendo ser jamais menor que 50 mm. Use o maior entre os dois valores.



REFORÇO DO TIPO TRAPEZOIDAL

Do mesmo modo, as hastilhas, anteparas e etc., devem ser ligadas ao chapeamento ou à estrutura adjacente, através de flanges, cuja largura deve ser no mínimo de 50 mm, mais 25 mm por cada 600 g/m^2 de fibra colocada na hastilha ou antepara.



Se as anteparas ou hastilhas, forem construídas em fibra de vidro, a espessura dos flanges de ligação deve ser no mínimo igual a espessura do menor elemento que está sendo ligado, ou o equivalente a 900 kg/m^2 de fibra de vidro. Usar o maior entre os dois valores.

Se no entanto estes elementos estruturais forem construídos em madeira, a espessura dos flanges de ligação será dada pela tabela abaixo.

ESPESSURA DA MADEIRA mm	PESO DE FIBRA g/m^2
ATÉ 12,5	1800
DE 12,5 A 19,0	2250
DE 19,0 A 25,0	2700

Uma última recomendação é de se reforçar as regiões sob mastros, fuzis e ferragens em geral, de modo a distribuir estes esforços, para a estrutura adjacente mantendo deste modo a rigidez transversal do barco.

15.1 - Estrutura Transversal.

O dimensionamento dos reforços é feito através da tabela.

ESTRUTURA TRANSVERSAL

PONTAL (m)	ESPAÇAMENTO BÁSICO ENTRE REFORÇOS (mm)	MÓDULO DAS HASTILHAS OU CAVERNAS (cm^3)	
		HASTILHA AO CENTRO	CAVERNA COSTADO
1	2	3	4
1.75	380	32	14
2.25	395	72	27
3.00	410	135	50
3.35	425	221	77
3.75	440	338	126
4.25	455	504	189
4.75	470	707	275
5.25	485	954	383
5.75	500	1256	518

COL.3 - MÓDULO DA HASTILHA NA ℄.

COL.4 - MÓDULO DA CAV DO COSTADO.

TABELA II

Obs.:

1) Quando o espaçamento entre os elementos estruturais diferir do espaçamento básico dado na tabela, calcular por interpolação o valor correspondente ao módulo das hastilhas ou cavernas.

2) O módulo mínimo para uma caverna é o correspondente a um espaçamento de 0,5 x P, ou 8 cm^3, utilizando-se o maior entre os dois valores. Onde P é o Pontal.

3) O módulo mínimo para hastilhas é o correspondente a um espaçamento de 0,25 x P ou o módulo da caverna. Usando-se o maior entre os dois valores.

4) As hastilhas devem ser contínuas em toda a largura do fundo e o valor do módulo ao centro deve ser gradualmente reduzido para

o valor do módulo da caverna do costado alinhada com esta hastilha.

5) Deve-se sempre posicionar hastilhas ou reforços equivalentes na região do lastro, da quilha e do leme.

15.2 - Estrutura Longitudinal.

A) O dimensionamento das longitudinais do fundo e costado é obtido a partir da tabela.

COMPR L (m)	ESPAÇAMENTO BÁSICO ENTRE REFORÇOS (mm)	MÓDULO DO LONGITUDINAL (cm^2)	
		FUNDO	COSTADO
1	2	3	4
6	380	70	50
8	390	90	60
10	400	110	70
12	410	130	85
14	420	150	100
16	430	175	110
18	440	195	185
20	450	220	140
22	460	245	160
24	470	270	175
26	480	295	190
28	490	325	210
30	500	350	230

TABELA III

Obs.:

1) Os longitudinais devem ser suportados por anteparas, ou cavernas gigantes espaçadas geralmente de 2,0 m.

2) A observação 5 do parágrafo de estruturas transversais também deve ser seguida no caso de estrutura longitudinal

3) O módulo mínimo para longitudinais é 8 cm^3.

B) O dimensionamento das anteparas e cavernas gigantes é feito pela tabela IV.

COMP. L (m)	MÓDULO DAS CAVERNAS GIGANTES E ANTEPARAS (Cm³)	
	AO CENTRO ℄	NO COSTADO
1	2	3
6	113	54
8	225	95
10	365	149
12	536	212
14	770	311
16	1035	419
18	1341	549
20	1724	707
22	2147	887
24	2610	1080
26	3159	1310
28	3750	1562
30	4379	1827

TABELA IV

Obs.:

1) O valor mínimo para o módulo dos elementos estruturais na sua junção com o costado é o equivalente ao espaçamento de 0,5 x P.

2) Para o módulo no centro das anteparas ou cavernas gigantes, o valor mínimo é o correspondente para um espaçamento igual a 0,25 x B, onde B é a boca do barco.

16. ESTRUTURA DO CONVÉS.

16.1 - O dimensionamento do convés construído com um laminado apenas, é dado pela tabela V . No caso de convéses construídos em sandwich ou outras formas, deve-se fazer o arranjo de modo a se obter no mínimo a mesma resistência.

COMP L (m)	ESPAÇAMENTO BÁSICO ENTRE REFORÇOS (mm)	PESO DO LAMINADO DO CONVÉS (g/m²)
1	2	3
6	380	1850
8	390	1950
10	400	2050
12	410	2150
14	420	2250
16	430	2350
18	440	2500
20	450	2600
22	460	2700
24	470	2800
26	480	2900
28	490	3000
30	500	3150

TABELA V

Notas sobre a tabela:

1) Se o espaçamento diferir dos valores dados na tabela, fazer a correção usando interpolação.

2) Quando a relação (R) entre o comprimento e a largura do painel for menor que 2, o valor obtido pela tabela e corrigido de acordo com a nota 1 (se for o caso), deve ser novamente corrigido, multiplicando-o pelo fator f, obtido abaixo:

$$f = 0,54 + 0,23\ R$$

3) O valor corrigido final, não deve ser menor do que 0,7 do resultado obtido diretamente da tabela ou que 1800 g/m^2. Usar como mínimo o maior entre os dois valores.

16:2 - Dimensionamento da estrutura do convés.

O convés deve ser suportado por um sistema de vaus, sicordas e pilares, dimensionados pelas tabelas VI, VII, VIII.

Deve-se colocar vaus na direção de cavernas gigantes, nos limites de grandes aberturas no convês e sob o mastro. Estes vaus devem ter suas extremidades efetivamente ligadas à estrutura adjacente.

A. Tabela para cálculo dos vaus transversais.

COMP. L (m)	ESPAÇAMENTO BÁSICO ENTRE REFORÇOS (mm)	MÓDULO DO VAU (cm^3)					
		COMPRIMENTO DO VAU (m)					
		ATÉ 0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
1	2	3	4	5	6	7	8
6	380	7	11	18	25	34	44
8	390	7	12	19	27	36	47
10	400	7	13	20	28	39	51
12	410	8	14	22	31	42	55
14	420	8	15	23	33	45	59
16	430	9	16	25	35	49	63
18	440	10	16	26	37	51	67
20	450	10	18	28	40	54	71
22	460	10	19	30	43	58	76
24	470	11	20	32	45	61	80
26	480	12	21	33	48	65	85
28	490	12	23	35	51	69	90
30	500	13	24	37	54	72	94

TABELA VI

Notas:

1) O comprimento de vau considerado é o maior comprimento não apoiado do vau em estudo.

2) Caso o espaçamento seja diferente dos valores dados na tabela, utilizar interpolação para a correção.

3) O valor corrigido não deve ser menor que o valor correspondente na coluna "até 0,9 m".

B. Tabela para cálculo de sicordas.

COMP L (m)	MODULO DA SICORDA POR METRO DE CONVÉS APOIADO (Cm³)						
	COMPRIMENTO DA VIGA (m)						
	1,8	2.1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
1	2	3	4	5	6	7	8
6	65	89	116				
8	68	93	122	154			
10	72	98	128	162	200		
12	75	103	133	170	209	253	301
14	79	107	140	178	218	264	315
16	82	112	146	186	228	276	329
18	85	117	152	193	237	288	343
20	89	121	159	201	248	299	356
22	93	126	165	209	258	311	370
24	96	130	171	216	267	323	384
26	99	135	176	224	276	334	398
28	103	140	183	232	288	346	412
30	106	144	189	240	295	358	426

TABELA VII

Notas:

1) O comprimento da sicorda usado nesta tabela é o maior comprimento não apoiado da sicorda, em metros.

2) O módulo da sicorda deve ser determinado multiplicando-se o valor obtido na Tabela pela largura do convês suportada pela sicorda. Ver figura 108.

3) No caso da sicorda ser suportada em algum ponto por um pilar, dimensionar o pilar segundo o item c) abaixo. Se, no entanto, a sicorda for suportada por um vau gigante ou antepara, dimensioná-los pelo item 15.2.B.

C. Tabela para pilares.

NUMERAL	DIÂMETRO DO PILAR (mm)					
	COMPRIMENTO DO PILAR (m)					
	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2
1	2	3	4	5	6	7
0,5	25	30	35	40		
1,0	30	35	40	45	50	
2,0	35	40	45	50	55	60
3,0	35	45	50	55	60	65
4,0	40	50	55	60	65	70
5,0	40	50	60	65	70	75
6,0	45	55	60	70	75	80
7,0	45	55	65	70	75	85
8,0	45	55	65	75	80	85

TABELA VIII

Notas:

1) O numeral usado nesta tabela é calculado pela seguinte equação:

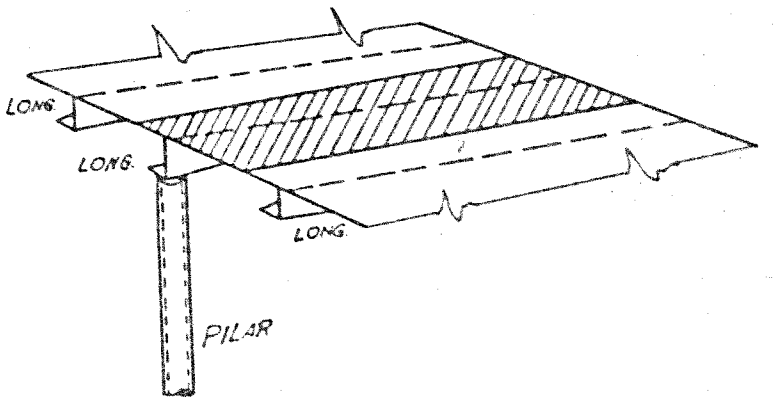
$$N = \frac{30 \times esp \times b}{72 - L}$$

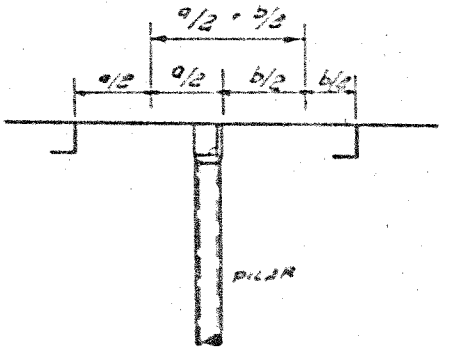
onde:

L = é o comprimento da embarcação.

esp - é a largura suportada pela viga que o pilar apoia. Veja na figura abaixo esta área.

Área suportada pelo long. que se apóia no pilar.





Esta área é igual a soma das metades dos espaçamentos entre os reforços adjacentes ao reforço em estudo.

E onde b - é a largura, em m, efetiva do convês suportado pela viga.

FIG 108

2) O diâmetro dado na tabela é o diâmetro externo do pilar, sua espessura deve ser aproximadamente 10% deste diâmetro.

3) Quando for usado um tubo de aço com espessura diferente da especificada na nota 2), deve-se manter o momento de inércia calculado a partir dos valores da tabela, que são considerados valores básicos.

3) Se além disso forem usadas materiais diferentes do aço, o momento de inércia do pilar vai ser igual ao momento de inércia obtido com um pilar de aço multiplicado por

$\frac{200 \times 10^3}{E}$ $(\frac{20,4 \times 10^3}{E})$, onde E é o módulo de elasticidade do material usado, em N/mm^2 ou kgf/mm^2.

16.3 - Cálculo do Cockpit.

O dimensionamento do cockpit deve ser equivalente ao do convés (itens 16.1 e 16.2).

16.4 - Dimensionamento da cabine.

O dimensionamento é feito através das tabelas IX e X devendo ser tomados cuidados especiais nas regiões do mastro e de outros esforços concentrados, onde devem ser colocadas cavernas reforçadas ou anteparas a fim de se garantir a resistência transversal da estrutura. Além disso, deve-se reforçar os contornos de portas, vigias ou janelas que porventura existirem.

COMP. L (m)	ESPAÇAMENTO BÁSICO ENTRE REFORÇOS (mm)	CABINE PESO DO LAMINADO (g/m^2)
1	2	3
6	380	1850
8	390	1950
10	400	2050
12	410	2150
14	420	2250
16	430	2350
18	440	2500
20	450	2600
22	460	2700
24	470	2800
26	480	2900
28	490	3000
30	500	3150

TABELA IX

Notas:

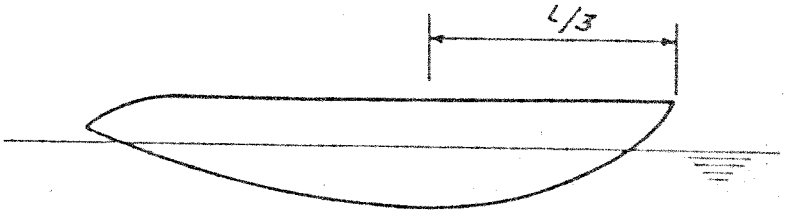
1) Os valores obtidos da tabela devem ser corrigidos sempre que o espaçamento entre os reforços não for igual aos da tabela. Usar interpolação.

2) Quando a razão entre comprimento e largura (R) do painel for menor que 2; o valor obtido da tabela é corrigido pela nota 1), se necessário, deve ser multiplicado pelo fator f, obtido de

$$f = 0,54 + 0,23 \times R$$

3) O valor corrigido do peso do laminado não pode ser menor que 0,7 vezes o valor inicialmente obtido da tabela, ou menor que 1800 g/m^2. Para valor mínimo, use o menor entre os dois acima.

4) Se a cabine ficar na região compreendida entre o bico de proa e $\frac{1}{3}$ x L a ré do bico de proa, o valor obtido pelas correções das notas 1 e 2 deve ser aumentado em 25%



REFORÇOS DA CABINE

COMP. L (m)	ESPAÇAMENTO BÁSICO ENTRE REFORÇOS (mm)	MÓDULO DO REFORÇO (cm³) COMPRIMENTO DO REFORÇO (m)					
		ATÉ 0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
1	2	3	4	5	6	7	8
6	380	7	11				
8	390	7	18	19	27		
10	400	7	13	20	28		
12	410	8	14	22	31	42	
14	420	8	15	23	33	45	59
16	430	9	16	25	35	49	63
18	440	10	16	26	37	51	67
20	450	10	18	28	40	54	71
22	460	10	19	30	43	58	76
24	470	11	20	32	45	61	80
26	480	12	21	33	48	65	85
28	490	12	23	35	51	69	90
30	500	13	24	37	54	72	94

TABELA X

Notas:

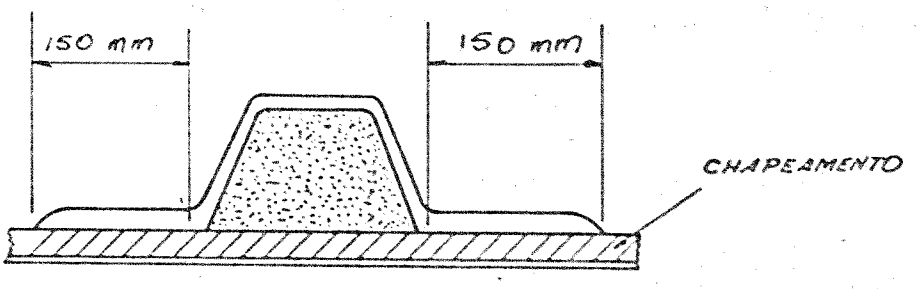
1) O comprimento usado nesta tabela é o maior comprimento não apoiado do reforço, em m.

2) Se o espaçamento entre reforços for diferente dos valores básicos da tabela, corrigir os valores de peso do laminado.

3) O valor corrigido não deve ser menor que o valor correspondente, da tabela, obtido na coluna "até 0,9".

17. DIMENSIONAMENTO DOS PERFÍS OBTIDOS PARA FUNDO, CONVÉS, COCKPIT E CABINE.

Considerando os módulos obtidos nas tabelas anteriores, como o módulo do perfil associado a um chapeamento de largura igual a 300 mm e espessura calculada pela equação do item 3.2, ou medida diretamente, no caso do laminado já pronto, podemos obter na tabela abaixo, o dimensionamento da seção do perfil tipo trapezoidal.



REFORÇO DO TIPO TRAPEZOIDAL

2 x 150 = 300 mm de largura de chapeamento associado ao perfil.

Para utilização da tabela, entrar com os valores já calculados e desejados, isto é:

a) entrar na tabela com a altura desejada para o perfil;

b) com o valor da espessura do laminado (chapeamento), associado;

c) com o módulo de seção obtido nos itens de dimensionamento da estrutura, anteriores.

Desta forma, obtemos a área da barra face que nada mais é que a parte superior do perfil trapezoidal.
Esta área é igual a largura x espessura, de modo que se já temos uma largura desejada para o perfil, a espessura fica facilmente definida.
A espessura obtida acima deve ser comparada ao valor mínimo recomendado.

ALTURA DO REFORÇO (mm)	ESPESSURA DO LAMINADO (mm)	MODULO DE SEÇÃO Cm^3 — ÁREA DA BARRA SUPERIOR DO REF (Cm^2)								
		2	4	6	8	10	14	18	20	24
20	5	5.3	10	15	20	24	32			
	10	66	12	17	23	28	38	48	54	66
	15	-	15	21	27	33	44	55	62	75
	20	-		25	31	38	51	63	71	85
40	5	11	19	28	36	43	58			
	10	12	21	31	40	49	66	83	91	108
	15	14	24	34	43	53	72	91	100	119
	20	-	27	37	48	58	78	98	109	129
60	5	19	31	43	54	65	87			
	10	21	34	46	59	71	96	120	132	155
	15	23	36	50	63	76	103	129	142	167
	20	25	40	53	67	81	110	137	151	178
80	5	30	46	60	75	89	118			
	10	33	50	65	81	97	130	161	175	205
	15	35	53	69	86	103	137	171	187	219
	20	38	56	74	91	109	145	180	197	231
100	5	41	46	78	95	114	150			
	10	44	65	84	103	123	163	201	219	254
	15	47	69	89	109	130	171	212	231	270
	20	50	72	93	114	136	179	222	242	283
120	5	59	81	102	122	144	186			
	10	64	88	110	132	156	202	248	268	310
	15	68	93	116	139	164	213	261	283	328
	20	72	98	122	146	171	222	272	295	343
150	5	91	118	143	167	194	246			
	10	99	129	155	181	210	267	323	348	398
	15	105	136	163	191	221	281	340	366	421
	20	110	142	170	199	230	292	353	380	438
180	5	133	165	193	221	252	314			
	10	146	180	210	241	274	341	408	436	496
	15	154	190	222	254	289	359	429	459	522
	20	162	198	231	264	301	373	445	476	543
210	5	202	238	269	300	336	407			
	10	221	260	294	327	366	442	518	549	617
	15	235	276	311	346	386	466	545	578	650
	20	247	288	325	361	402	485	567	602	677
240	5	252	293	328	362	403	483			
	10	277	321	358	395	439	525	611	646	722
	15	294	340	379	418	463	553	643	680	761
	20	308	355	395	436	483	575	668	707	791
270	5	332	378	415	453	498	587			
	10	364	413	453	494	543	637	732	770	854
	15	387	437	480	522	572	672	771	812	901
	20	405	457	501	545	597	699	802	844	937
300	5	397	447	489	530	579	677			
	10	435	489	533	578	630	735	839	881	974
	15	463	518	565	611	666	775	884	929	1027
	20	484	541	590	638	694	807	919	966	1068
330	5	503	558	603	646	700	807			
	10	551	608	656	703	760	874	987	1032	1131
	15	585	645	695	744	803	922	1040	1087	1193
	20	613	678	726	777	838	960	1082	1131	1241
	5	584	644	691	738	797	912			
	10	639	702	753	803	865	988	1101	1159	1269

T159

17.1 - Valor mínimo para espessura dos perfis.

A espessura mínima da barra face de perfis construídos com uma composição básica de fibra mais resina igual a 0,3 é definida pela equação abaixo:

$$E_{min} = 0,025 \times Hp + 1,1 \ (mm)$$

onde:

Hp é a altura do perfil em mm

17.2 - Perfil "T".

Se o perfil construído for do tipo T, a barra face deve ter a espessura duas vezes maior que a calculada em 17.1.

VOLUME X

- PROJETE, DESENHE E CONSTRUA SEU VELEIRO -

Podemos agora partir para o nosso primeiro projeto. Um bom princípio é relermos o Volume VIII - CAMINHO DE ELABORAÇÃO DE UM PROJETO e o Volume III - PROJETANDO AS FORMAS DO CASCO.

Fazendo isto, verificamos que é necessário termos um croquis do arranjo interno e fazermos uma estimativa das dimensões e dos parâmetros principais.

As principais dimensões são:

a) Comprimento da linha d'água de projeto - Lpp
b) Boca máxima - B
c) Boca na linha d'água de projeto - B_{LAP}
d) Calado - C
e) Pontal - P

e os parâmetros são:

a) Deslocamento - D
b) Posição do centro de empuxo
c) Coeficiente prismático - C_p
d) Área molhada - SM
e) Área vélica - SV

Naturalmente o comprimento da linha d'água de projeto depende diretamente do tamanho do barco que queremos fazer.

A boca máxima, a boca na linha d'água de projeto, o calado e o pontal ficam praticamente definidos no croquis preliminar que fazemos, porém ao fazermos este croquis temos que ter noção da viabilidade das dimensões escolhidas. Para isto, devemos consultar nosso banco de dados, para não criarmos um barco inviável.

O deslocamento também é função das características do nosso barco. Se é um barco de cruzeiro com grande conforto e luxo, temos que prever um deslocamento adequado ao peso dos equipamentos, facilidades de bordo e dimensões escolhidas. Se for um barco de regata devemos ter acomodações espartanas, uma estrutura otimizada e dimensões ade-

quadas, para se diminuir a resistência ao avanço, logo, um deslocamento menor.

A posição do centro de empuxo, o coeficiente prismático e a área molhada são parâmetros de forma que interferem diretamente na resistência ao avanço.

Devemos estabelecer valores para os parâmetros de forma, com ajuda do nosso banco de dados. Naturalmente é possível que mudemos estes parâmetros ao fazermos o plano de linhas e por isso temos que ter sempre em mente suas influências na resistência ao avanço.

O coeficiente prismático, o deslocamento e o centro de empuxo estão inter-relacionados na curva de áreas das balizas e uma maneira de traçarmos partindo do zero o plano de linhas é estabelecermos esta curva. Veja Volume IV, Parte Prática, e Volume I, página T3. Veja Fig. 109

O coeficiente prismático é definido como:

$$Cp = \frac{\nabla}{A_{\text{⊠}} \times Lpp} \quad \text{(página T 47)},$$

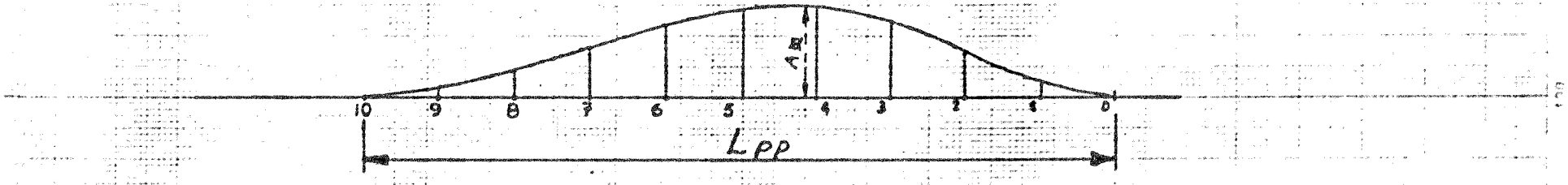
onde $A_{\text{⊠}}$ é a ordenada da curva na posição da seção mestra

O volume imerso do casco corresponde a área desta curva e a posição longitudinal do centro de empuxo está localizado na mesma posição longitudinal do centro de gravidade desta curva.

Logo, se estabelecermos uma curva em que a ordenada na Seção Mestra tenha um valor igual a área que nos dê o coeficiente prismático escolhido para o barco e que a área total desta curva seja igual ao volume escolhido e ainda seu centro de gravidade esteja na posição em que queremos para o nosso centro de empuxo, basta ao desenharmos o plano de linhas, fazer as formas das balizas abaixo da Lpp de modo que suas áreas sejam iguais as da curva, para assegurarmos que as formas desenhadas tenham o Cp, o D e o CE como queremos.

A área molhada é função da forma das balizas, logo, devemos ter em mente os valores estabelecidos a priori ao desenhá-las.

CURVA DE ÁREAS DAS BALIZAS



∇ = VOLUME IMERSO = ÁREA SOB A CURVA DAS ÁREAS BALIZAS

$$C_p = \frac{\nabla}{A_{\text{⊠}} \times L_{pp}}$$

FIG 109

- PLANO DE LINHAS -

Alguém poderia, a princípio, se perguntar se é válido copiar as formas de um barco aumentando-o ou diminuindo-o para o comprimento que queremos.

Este procedimento é totalmente inadequado. Cada barco tem suas características próprias e um fim determinado, e uma simples transformação em escala poderá trazer sérios inconvenientes pois poderemos estar trazendo para o nosso barco parâmetros e formas inconvenientes para o tamanho e propósito do barco escolhido.

Outra pergunta comum é se é possível gerar facilmente a tabela de cotas matematicamente.

A resposta é negativa, pois o processo de carenamento é complexo.

Acreditamos que o melhor meio é o de estabelecer uma curva de áreas de balizas com as características que desejamos e partir daí, para a execução do plano de linhas.

Outra sugestão é a de iniciar um plano de linhas, preliminar, num tamanho pequeno com cerca de 30 cm de comprimento num papel vegetal milimietrado.

Este procedimento nos permite fazer um carenamento mais rápido, apesar de impreciso devido à escala, entre as diversas linhas, pois todas ficam concentradas dando uma visão global maior.

Fica fácil também medirmos as áreas das balizas desenhadas devido ao papel milimetrado, podendo assim irmos dando forma rapidamente às balizas, já com a área requerida.

O passo seguinte é passarmos para a escala normal (ver página P 12) e melhorarmos o carenamento.

Naturalmente cada projetista acaba desenvolvendo um método próprio para analisar a feitura do plano de linhas.

A seguir, damos uma seqüência para o traçado do plano de linhas, tanto do preliminar como do final.

Passo 1 - Trace o plano do alto da linha de centro, no plano de linhas do alto, a baliza 5 no plano de balizas, a linha do convês e a linha d'água de projeto no plano de linhas d'água e no alto. Veja Figura 110

Passo 2 - Trace as balizas 3 e 7, o plano diagonal a 45° passando pela linha de centro na altura do calado de projeto e uma linha d'água inclinada a 20° no plano de balizas para irmos acompanhando numa folha de papel a parte, o equilíbrio de forma. Veja as Figuras 111 e 112

Passo 3 - Trace uma linha d'água acima e outra abaixo da linha d'água de projeto. Verifique sua suavidade e concordância com as outras linhas já traçadas. Veja figura 113

Passo 4 - Nesta altura já acertamos entre si três balizas (3, 5, 7), três linhas d'água e dois planos do alto. Podemos então traçar as balizas 2 e 8. Nelas já estão definidos os pontos da linha de centro, das três linhas d'água, do plano do alto, da diagonal, da linha d'água inclinada de 20° e do convês. Veja a Figura 114

Passo 5 - Trace mais uma linha d'água acima e abaixo da linha d'água de projeto. Veja a Figura 115

Passo 6 - Trace mais um plano do alto e uma diagonal abaixo da de 45°. Veja a Figura 116

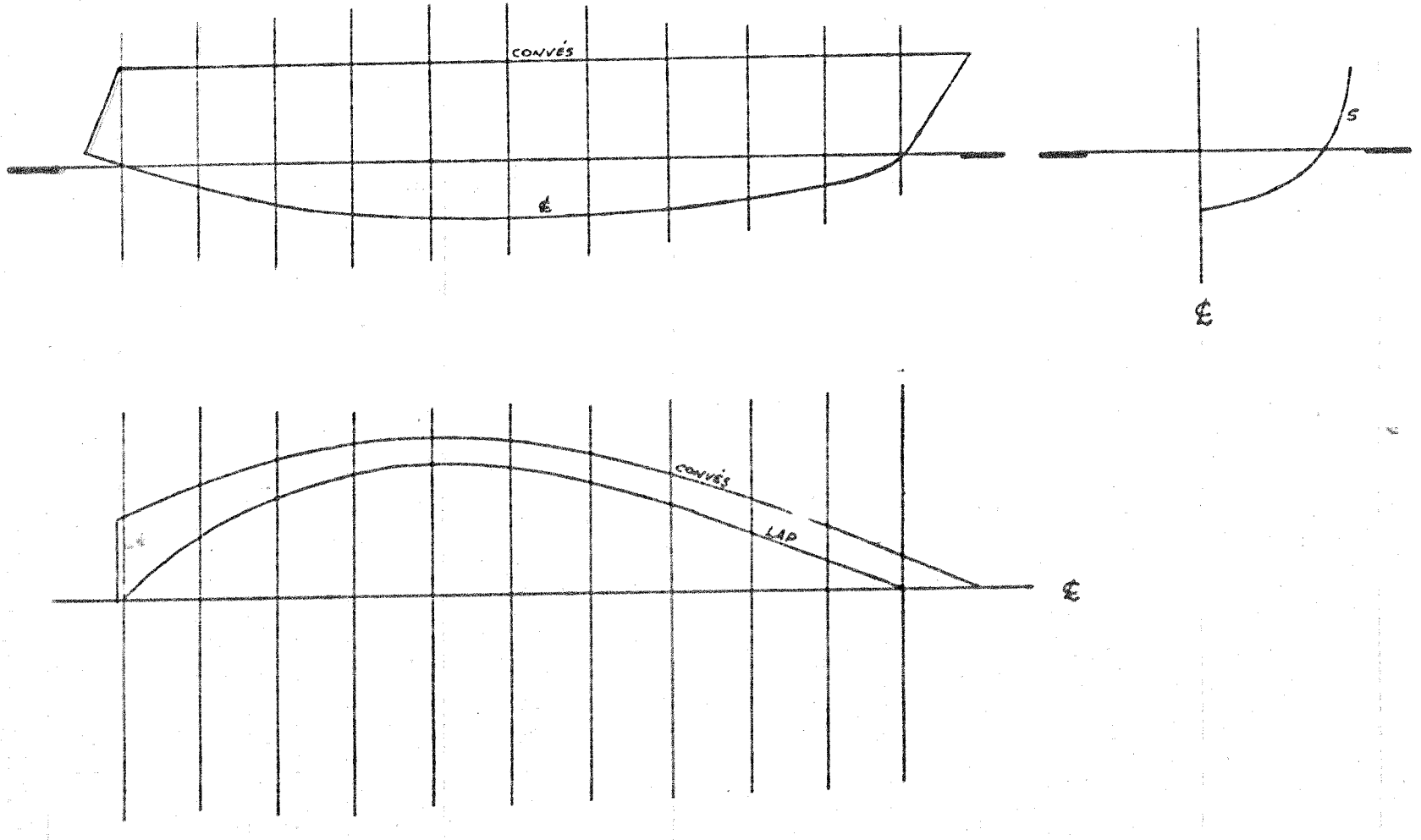
Passo 7 - Trace as demais balizas 0, 1, 9 e 10 e as de ré da baliza 0 e as de vante da baliza 10. Veja a Figura 117

Passo 8 - Trace as demais linhas d'águas. Veja a Figura 118

Passo 9 - Trace o último plano do alto. Veja a Figura 119

Pronto o plano de linhas, é hora de calcularmos os parâmetros principais e verificarmos se todos estão satisfazendo aos valores previamente escolhidos.

Podemos também fazer os cálculos para acharmos o momento equilibrante supondo-se que o centro de gravidade do barco esteja sobre a linha de base.



T166

FIG. 110

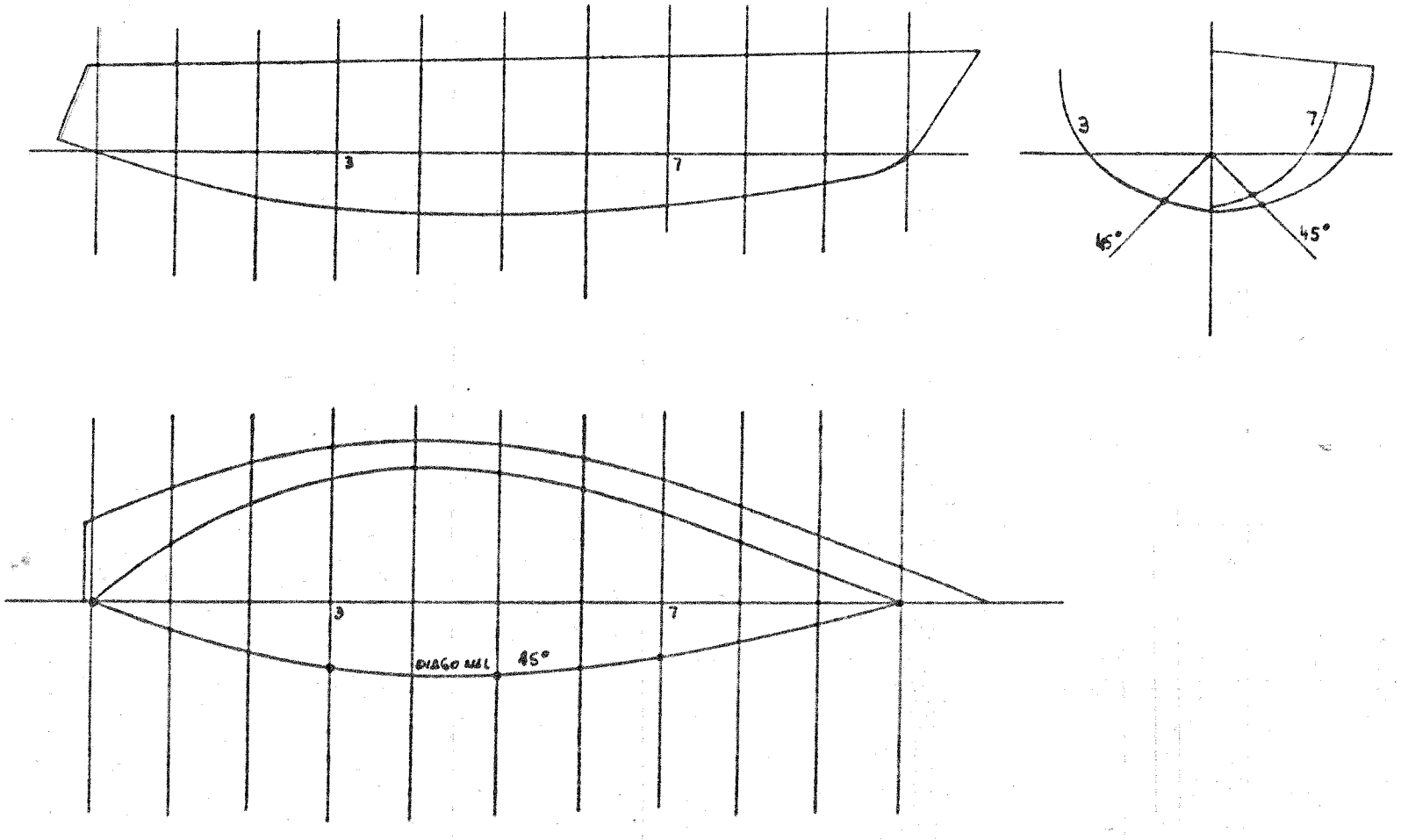
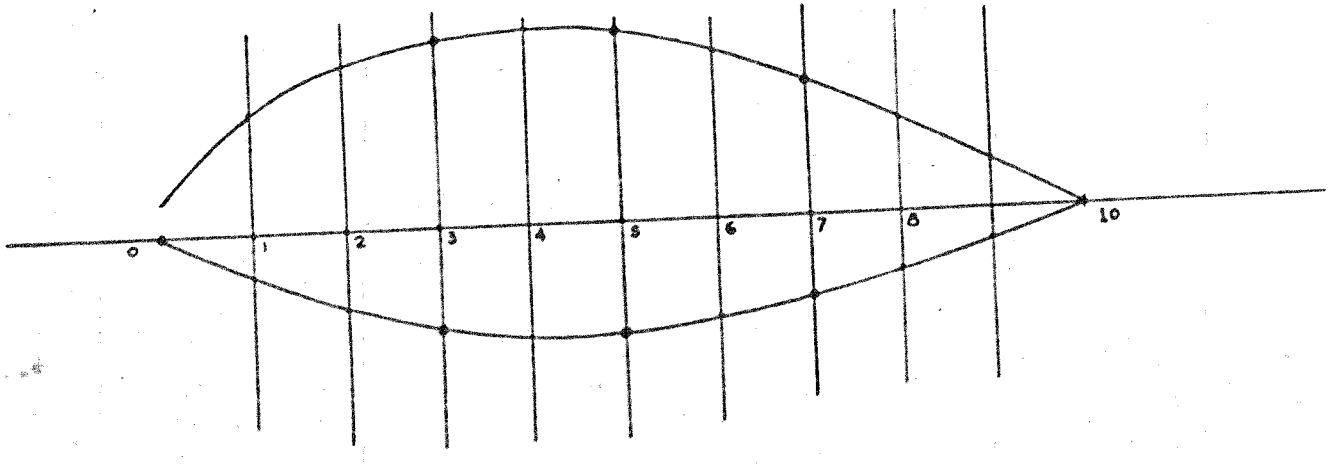


FIG. 111



linha d'água 20°

FIG 112

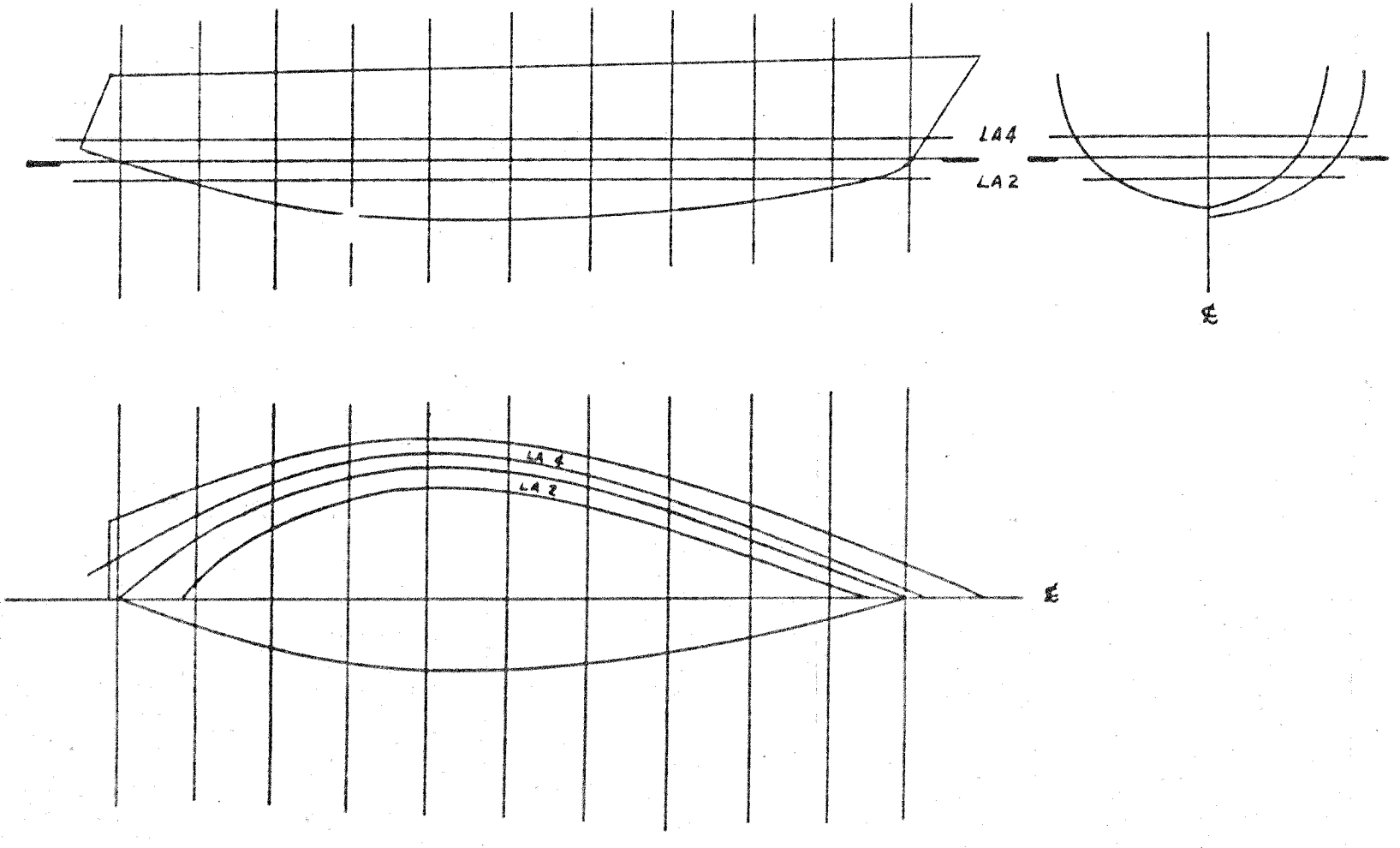


FIG. 113

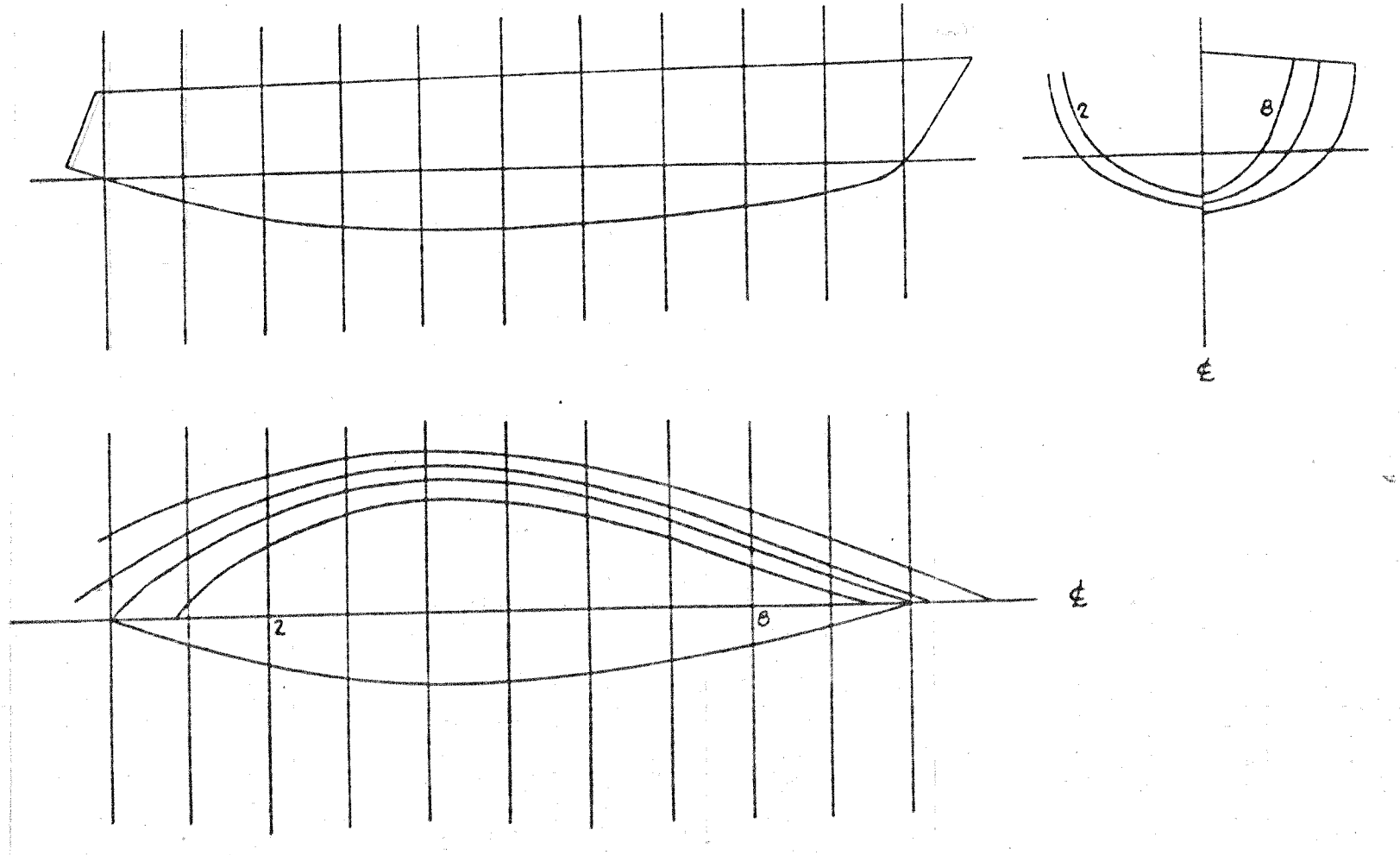


FIG 114

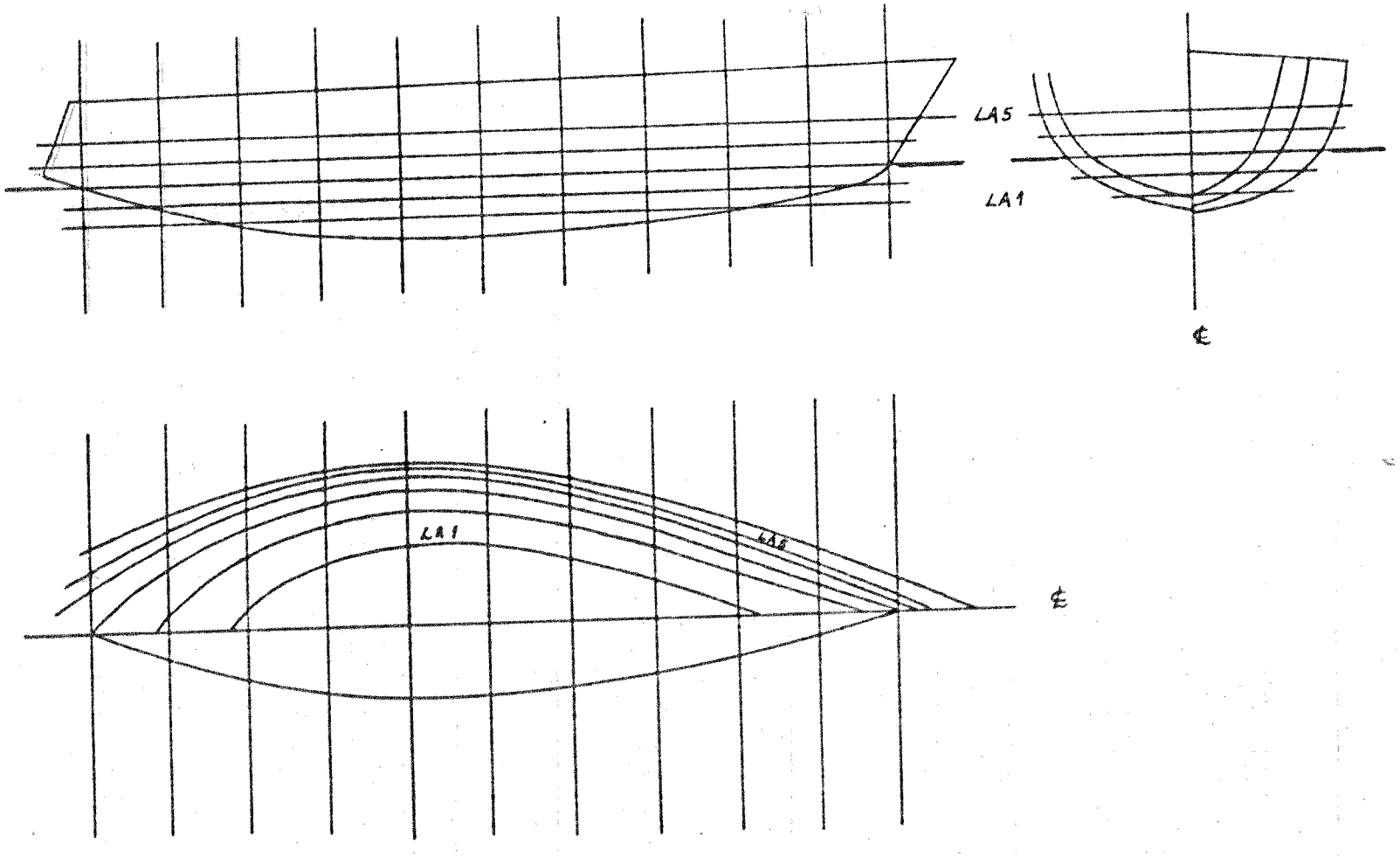


FIG 115

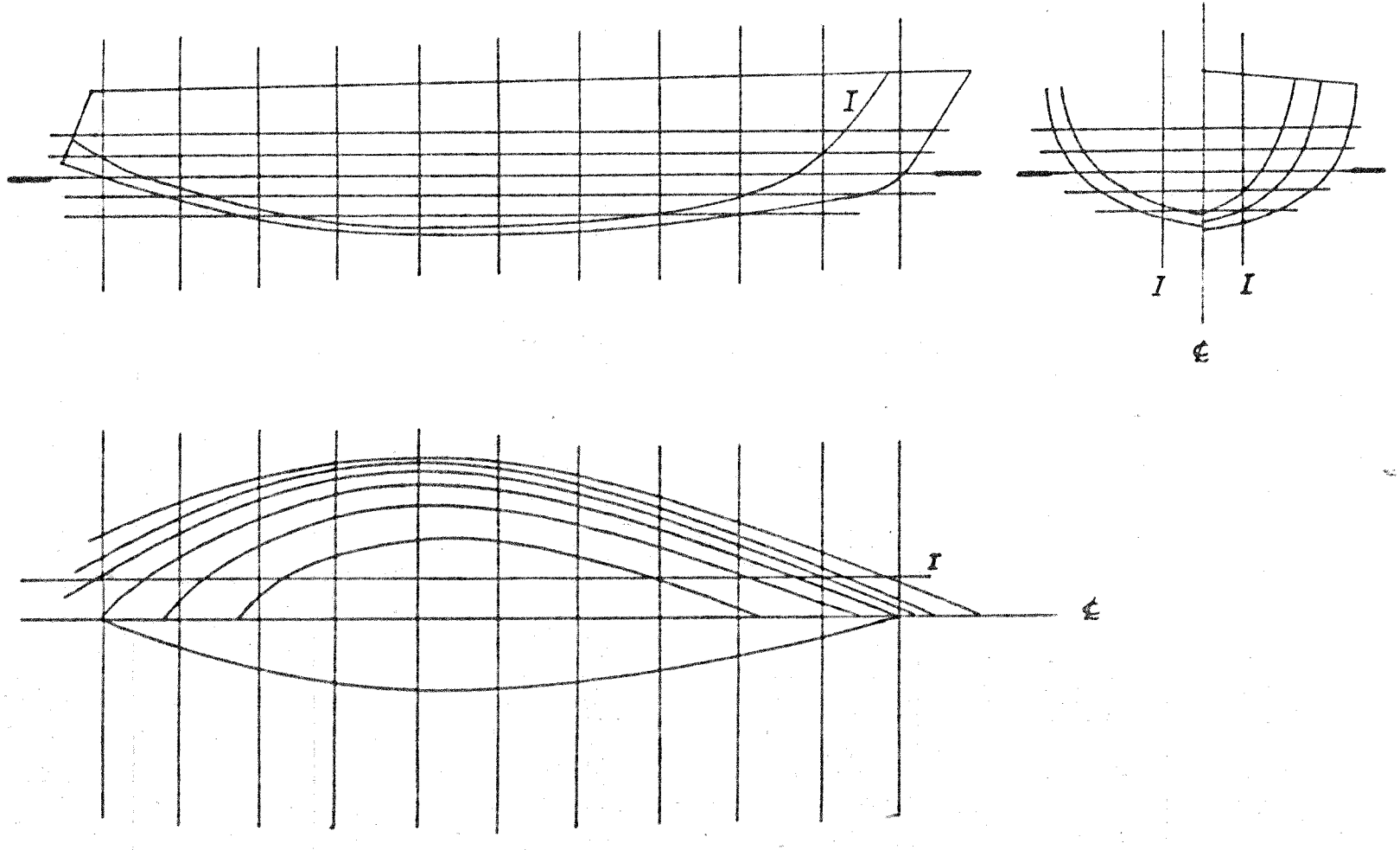


FIG. 116

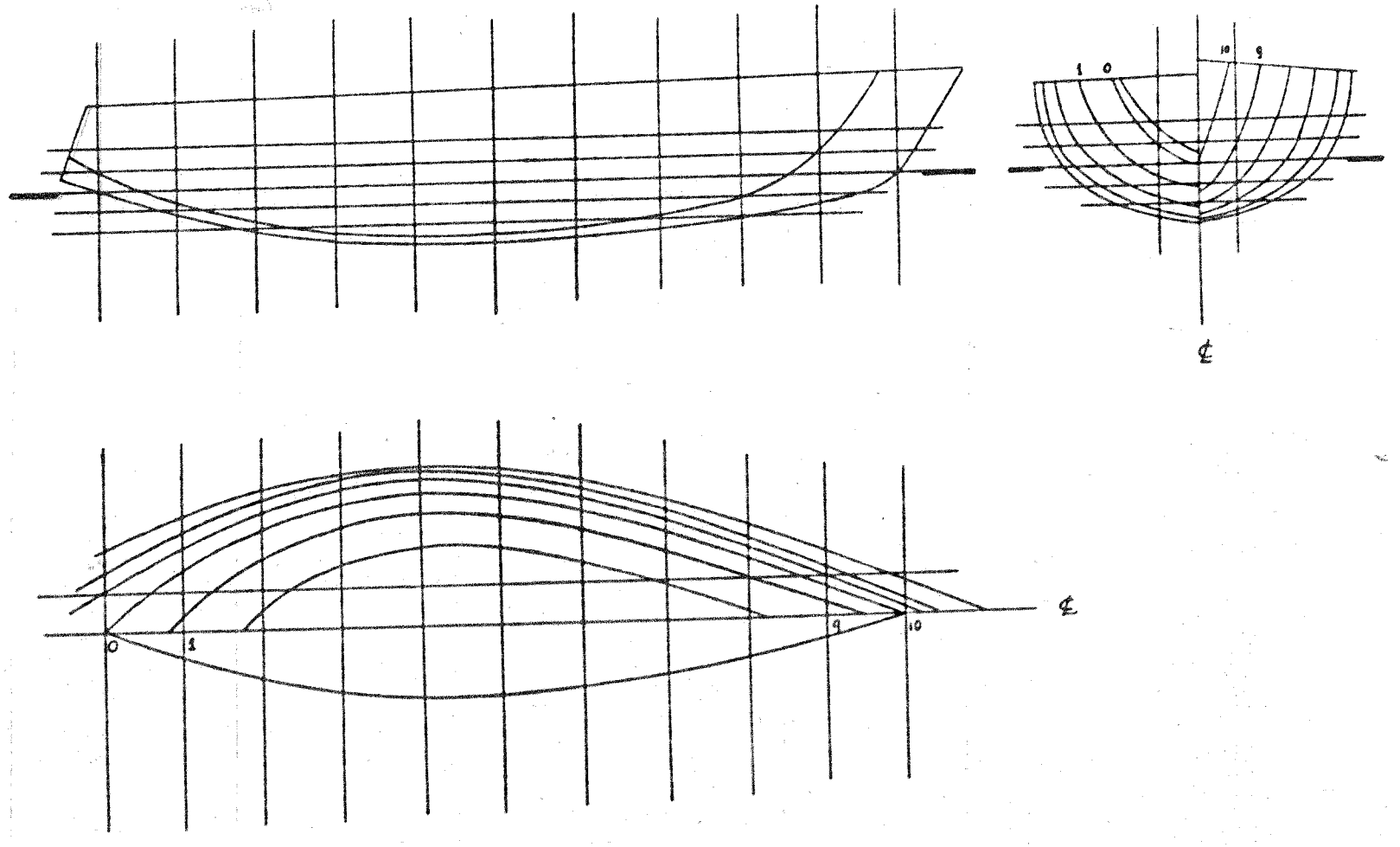


FIG 117

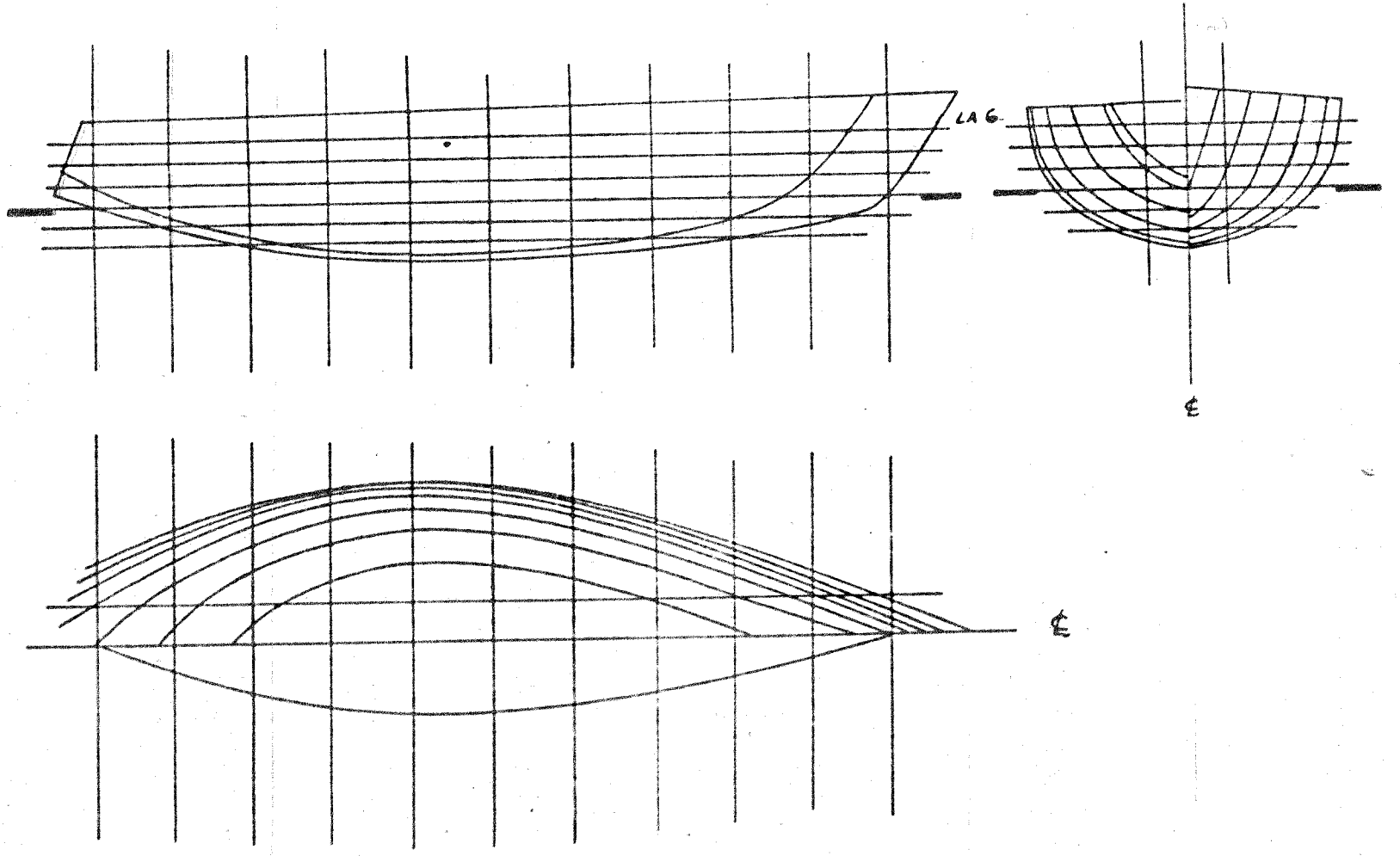


FIG 118

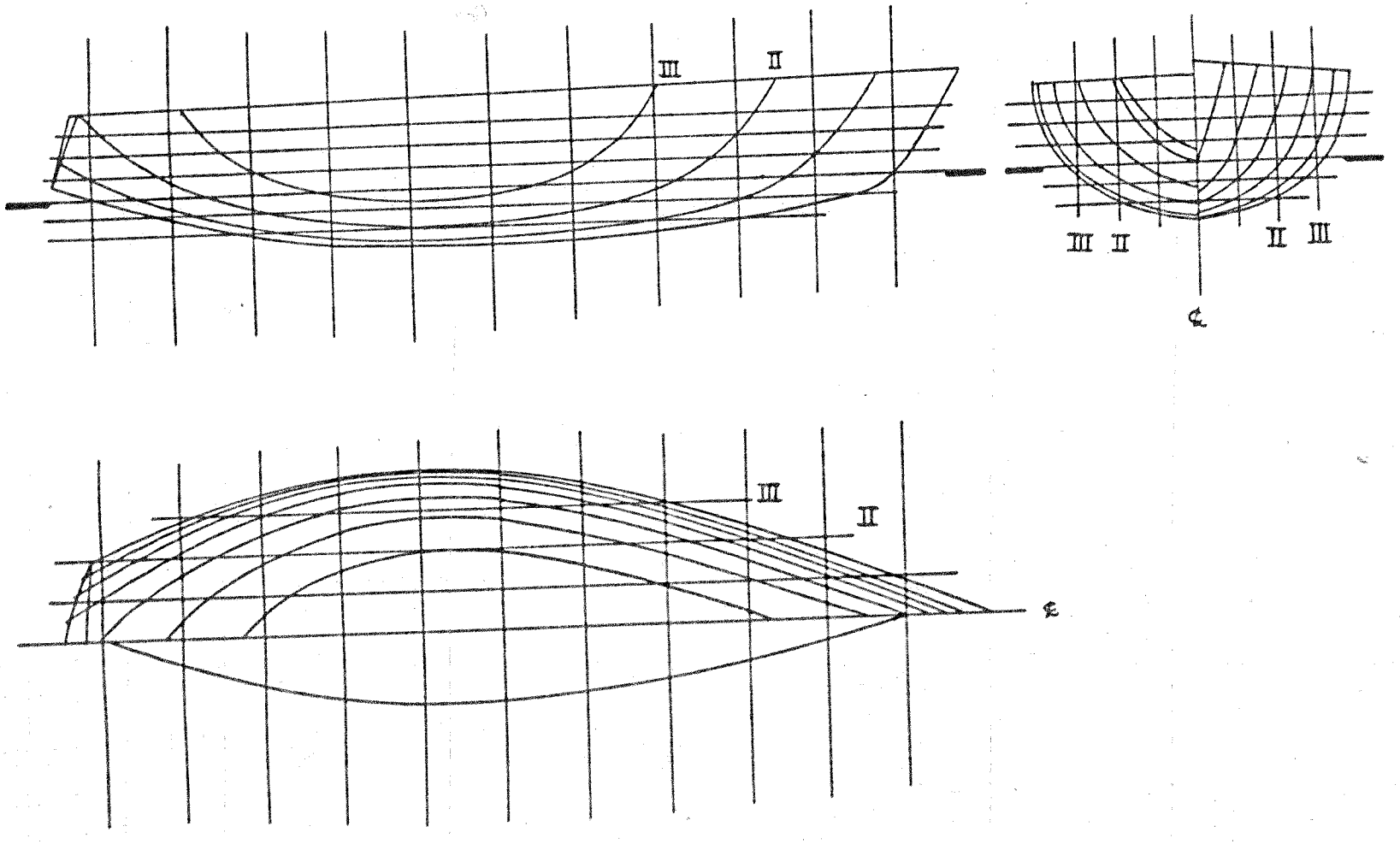


FIG. 119

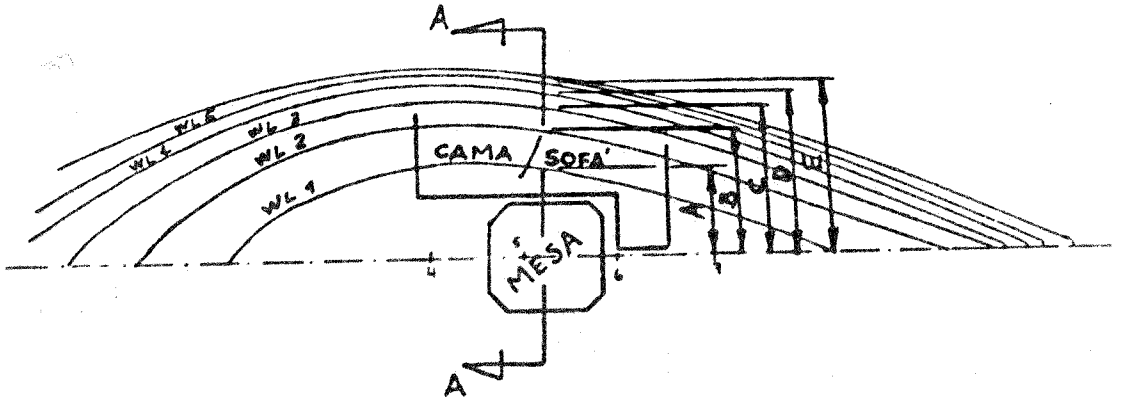
A cabine tem suas formas desenhadas da mesma maneira que o plano de linhas, porém normalmente é mais simples e dá muito menos trabalho. Ela pode ser desenhada junto com o plano de linhas ou num desenho sepatado.

Podemos nesta fase iniciarmos o desenho final do arranjo geral.

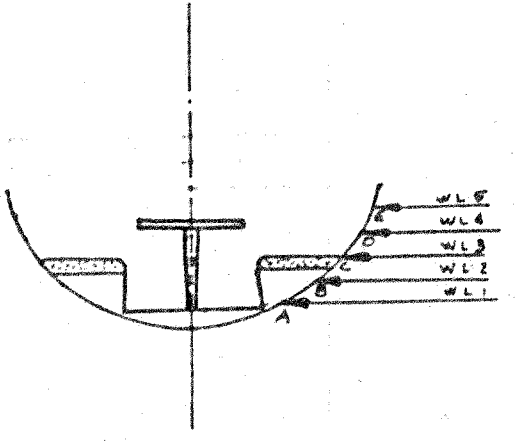
A parte interna do barco pode ser desenhada com auxílio de cortes.

Para verificarmos a altura de camas, mesas, fogões, geladeiras, etc. fazemos um corte transversal nos planos de linhas d'água e construímos uma seção transversal com as bocas tiradas destes planos. Veja a Figura 120

Para as peças que ficam em contato com o casco, basta traçar no plano de balizas um corte horizontal na altura da peça e em cada baliza medirmos a meia boca, para construírmos uma linha d'água passando pela altura da peça considerada, mostrando assim a forma em contato com o casco. Veja a Figura 121



SEÇÃO AA



A.B.C.D.E MEDIDAS OBTIDAS NO PLANO DE LINHAS D'ÁGUA NA SEÇÃO AA PARA TRAÇARMOS A FORMA DO CASCO E VERIFICARMOS AS ALTURAS DA CAMA/SOFÁ E DA MESA

VEJA FIGURAS DAS PAGS T102 e T103

FIG 120

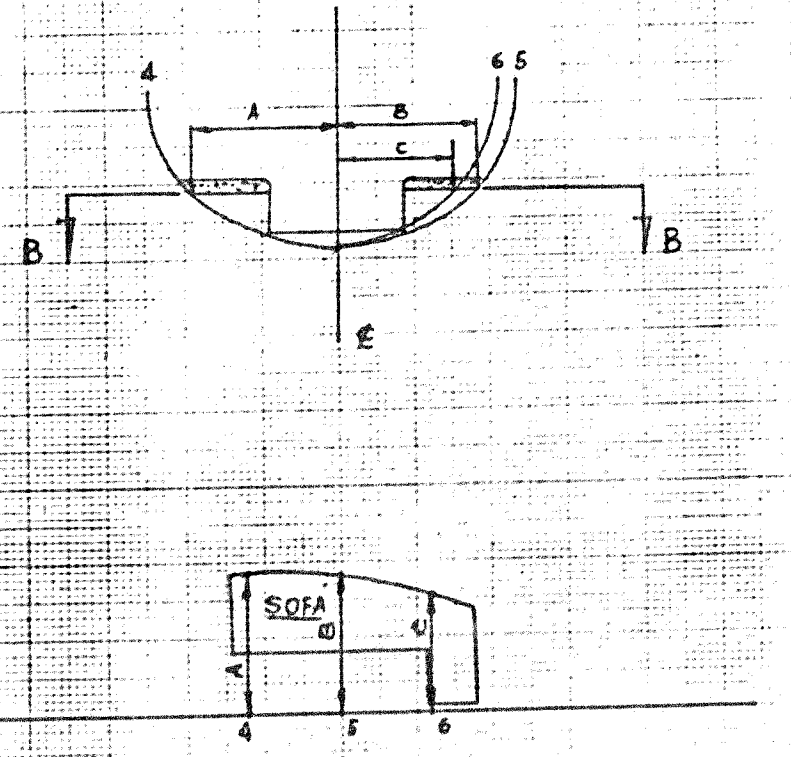


FIG 121

- PROJETE SEU VELEIRO.

Seu projeto é de um veleiro de 6,60 m de comprimento total.
Você deverá seguir a seqüência do Volume VIII ao fazê-lo.
Deverá enviar para correção todos os cálculos, não servindo colocar somente os resultados obtidos.
Você deve mostrar como chegou a escolha das características principais e dimensões preliminares indicando as características e dimensões do barco que servirá de comparação ao seu projeto.

Você poderá escolher o tipo de construção (em fibra ou madeira).

Deve enviar todos os planos e cálculos para correção em duas cópias, heliográfica e xerox, respectivamente.

Poderá escrever-nos solicitando esclarecimentos pois estaremos à sua inteira disposição.

A partir do recebimento do Volume X você terá cinco meses para finalizá-lo, esclarecer todas as dúvidas pendentes e obter a aprovação final.

NORMA GERAL DE DESENHO TÉCNICO

NB-8

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 *Objetivo* — Esta Norma fixa as condições gerais que devem ser observadas na execução dos desenhos técnicos.

1.2 *Classificação dos desenhos técnicos* — Os desenhos técnicos se classificam segundo os critérios seguintes:

1.2.1 Quanto ao aspecto geométrico:

1.2.1.1 *Desenho projetivo* — Desenho resultante de projeções do objeto sobre um ou mais planos que se fazem coincidir com o do próprio desenho. Compreende:

— *Vistas ortográficas* — Figuras resultantes de projeções cilíndricas ortogonais do objeto, sobre planos convenientemente escolhidos, de modo a representar, com exatidão, a forma do mesmo com seus detalhes.

— *Perspectivas* — Figuras resultantes de projeção cilíndrica ou cônica, sobre um único plano, com a finalidade de permitir uma percepção mais fácil da forma do objeto.

1.2.1.2 *Desenho não projetivo* — Desenho não subordinado a correspondência, por meio de projeção, entre as figuras que o constituem e o que é por ele representado. Compreende larga variedade de representações gráficas, tais como: diagramas, esquemas, ábacos, nomogramas, fluxogramas, organogramas, gráficos, etc.

1.2.2 Quanto ao grau de elaboração:

1.2.2.1 *Esboço* — Representação gráfica expedita. Aplicado habitualmente aos estágios iniciais da elaboração de um projeto podendo, entretanto, servir ainda à representação de elementos existentes ou à execução de obra.

1.2.2.2 *Desenho preliminar* — Representação gráfica empregada nos estágios intermediários da elaboração do projeto, sujeita ainda a alterações. Corresponde ao anteprojeto.

1.2.2.3 *Desenho definitivo* — Desenho integrante da solução final do projeto, contendo os elementos necessários à sua compreensão, de modo a poder servir à execução. Também chamado desenho para execução.

1.2.3 Quanto ao grau de pormenorização com que descreve o objeto representado:

1.2.3.1 *Detalhe* — Desenho de componente isolado ou de parte de um todo complexo.

1.2.3.2 *Desenho de conjunto* — Desenho mostrando reunidos vários componentes, que se associam para formar um todo.

1.2.4 Quanto ao material empregado:

1.2.4.1 *Desenho a lápis.*

1.2.4.2 *Desenho a tinta.*

1.2.4.3 *Desenho a giz, carvão, etc.*

1.2.5 Quanto à técnica de execução:

1.2.5.1 *Desenho a mão livre.*

1.2.5.2 *Desenho com instrumentos.*

1.2.6 Quanto ao modo de obtenção:

1.2.6.1 *Original* — Desenho matriz que serve à obtenção de novos exemplares.

1.2.6.2 *Reprodução* — Desenho obtido, a partir do original, por qualquer processo. Compreende:

— *Cópia* — Reprodução na mesma grandeza do original.

— *Ampliação* — Reprodução proporcional, porém maior que o original.

— *Redução* — Reprodução proporcional, porém menor que o original.

CAPITULO 2

FORMATOS DE PAPEL

2.1 O formato básico do papel, designado por A0 (A zero), é o do retângulo de lados medindo 841 mm e 1 189 mm, tendo a área de 1 m². Do formato básico derivam os demais formatos.

2.2 Do formato básico A0 deriva a série A pela bipartição ou duplicação sucessiva, feita de acordo com as seguintes regras:

2.2.1 Cada formato se obtém pela bipartição do anterior imediato, segundo uma linha paralela ao menor lado do retângulo bipartido (Fig. 1).

2.2.2 Os formatos são geometricamente semelhantes entre si.

2.2.3 Os lados x e y de um formato qualquer, como se conclui do formato básico e das regras 2.2.1 e 2.2.2 guardam entre si a mesma razão que existe entre o lado de um quadrado e sua diagonal (Figs. 2 e 3).

2.2.4 Sendo a área do formato básico A0 igual a 1 m², as áreas dos demais formatos são múltiplas ou submúltiplas dessa unidade.

Aprovada em 1950
Revista em 1964 e 1969

Reprodução proibida

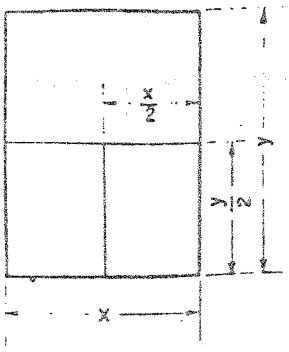


Figura 1

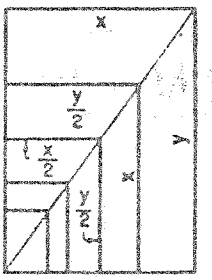


Figura 2

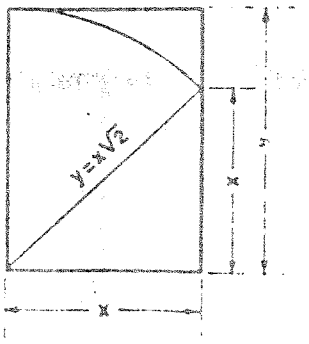


Figura 3

2.2.5 Cada formato é representado pelas dimensões de seus lados em milímetros ou pelo respectivo símbolo. (Exemplo: 210 mm x 297 mm ou A4).

2.3 Os formatos da série A, de 4 A0 a A6 têm as dimensões indicadas na Tabela seguinte:

2.4 As folhas não recortadas devem ter as dimensões mínimas indicadas na última coluna da Tabela.

2.5 Podem ser usados formatos compostos, obtidos pela conjugação de formatos iguais ou consecutivos (Fig. 4).

2.6 Em cada lado da folha cortada, recomenda-se a margem indicada na 3ª coluna da Tabela. No lado vertical esquerdo, recomenda-se uma margem de 25 mm, no caso de arquivamento do desenho em classificadores. (Fig. 5).

Formato *Série A*	*Linha de corte* *mm*	*Margem «m»* *mm*	*Folha não recortada (medidas mínimas)* *mm*
4 A0	1 682 x 2 378	20	1 720 x 2 420
2 A0	1 189 x 1 682	15	1 230 x 1 720
A0	841 x 1 189	10	880 x 1 230
A1	594 x 841	10	625 x 880
A2	420 x 594	10	450 x 625
A3	297 x 420	10	330 x 450
A4	210 x 297	5	240 x 330
A5	148 x 210	5	165 x 240
A6	105 x 148	5	120 x 165

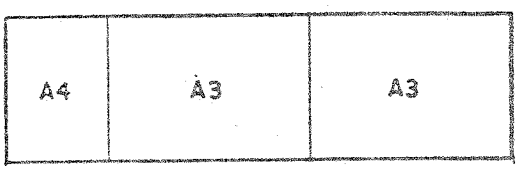


Figura 4

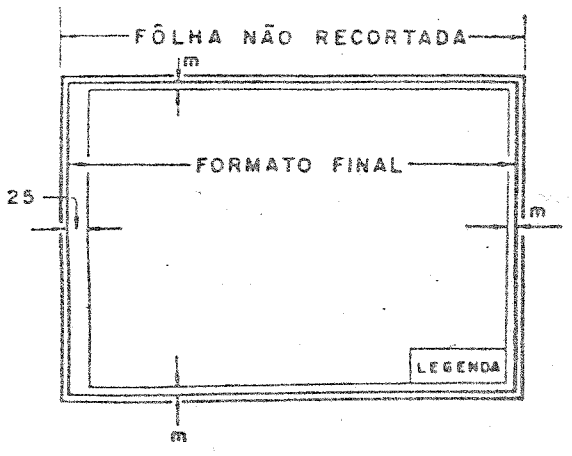


Figura 5

CAPÍTULO 3

DOBRAMENTO DE FOLHAS

3.1 Sendo necessário o dobramento de folhas, o formato final deve ser o A4.

3.2 As folhas devem ser dobradas de modo a deixar visível o quadro destinado à legenda (Fig. 6).

3.3 O dobramento das folhas de formatos 2 A0, A0, A1, A2 e A3, para fixação em pasta ou classificadores A4, pode ser efetuado de acordo com as indicações das Figs. 7, 8, 9, 10 e 11, respectivamente.

3.3.1 Efetua-se o dobramento a partir do lado «d» (direito) em dobras verticais de 185 mm; a parte final «a» é dobrada ao meio.

Para o formato A2, por ser a parte final de apenas 14 mm, é permitido um dobramento simplificado, com dobras verticais de 192 mm.

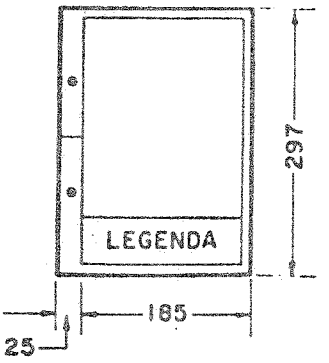


Figura 6

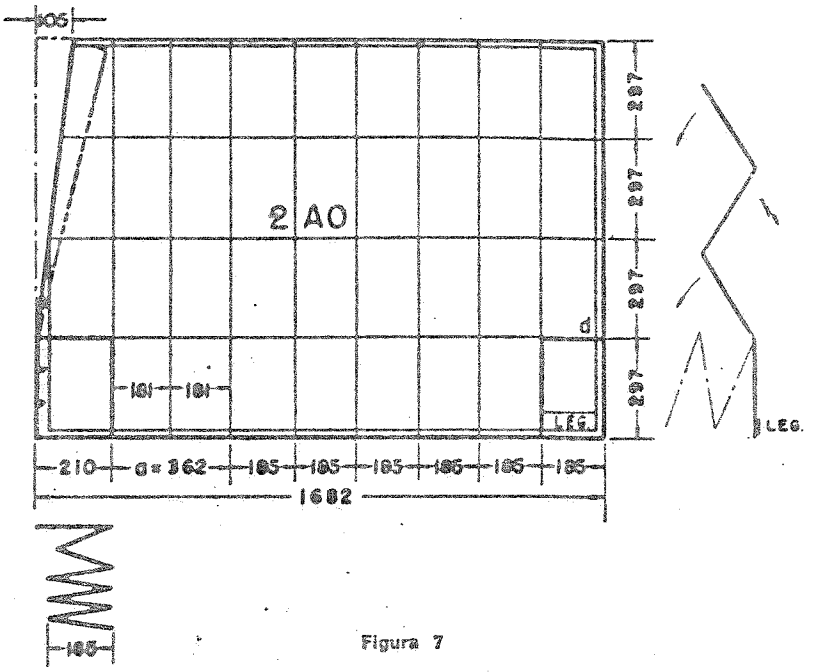


Figura 7

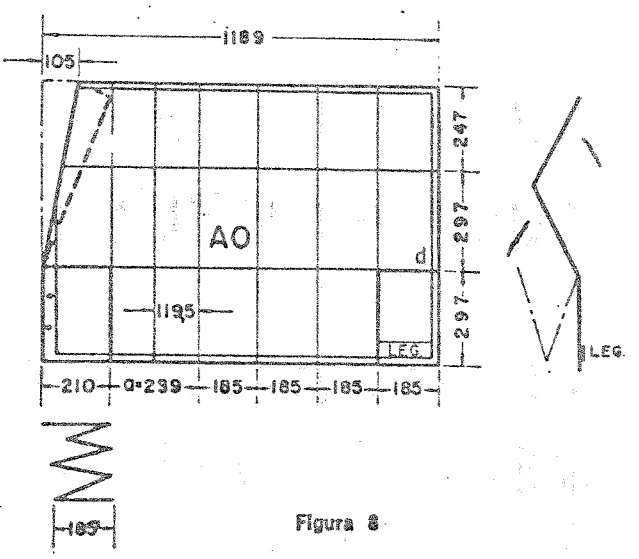


Figura 8

3.3.2 Uma vez efetuado o dobramento no sentido da largura, a folha será dobrada segundo a altura, em dobras horizontais de 297 mm.

3.3.3 A fim de facilitar o dobramento, aconselha-se assinalar, nas margens, as posições das dobras.

3.3.4 Quando as folhas de formatos 2 A0, A0, A1 e A2 tiverem de ser perfuradas, para arquivamento, dobrar-se-á para trás o canto superior esquerdo, de acordo com as indicações das Figs. 7, 8, 9 e 10, respectivamente.

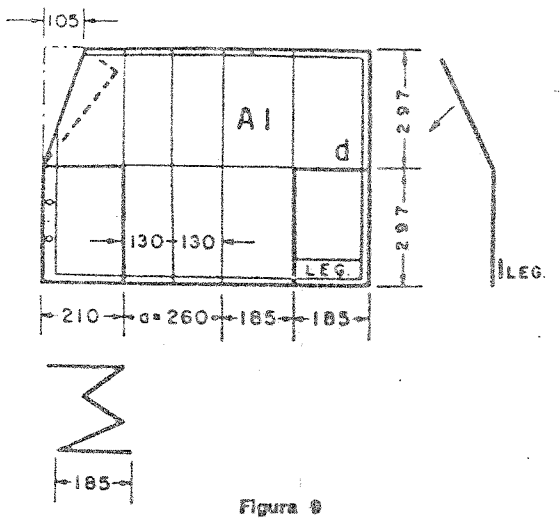


Figura 9

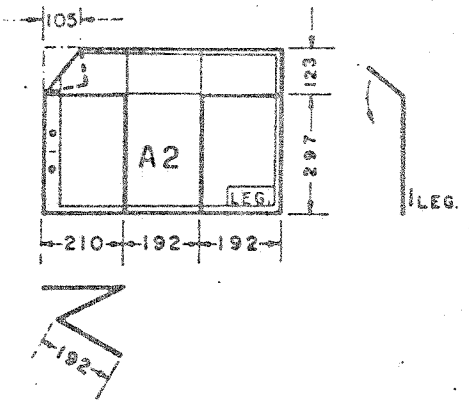


Figura 10

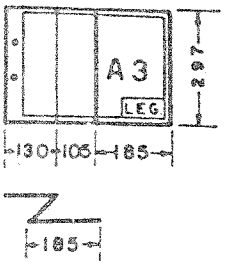


Figura 11

CAPÍTULO 4

ESCALAS

4.1 A escala do desenho deve, obrigatoriamente, ser indicada na legenda.

4.2 Constando da mesma folha desenhos em escalas diferentes, estas devem ser indicadas tanto na legenda como junto aos desenhos a que correspondem.

4.3 As escalas devem ter seus títulos expressos por intermédio de razões numéricas simples, como por exemplo:

— Natural — 1:1.

— De redução — 1:2; 1:2,5; 1:5; 1:10; 1:20; 1:25; 1:50; 1:100; 1:200; 1:250; 1:500; 1:1 000; etc.

— De ampliação — 2:1; 5:1; 10:1; etc.

CAPÍTULO 5

LETRAS E ALGARISMOS

5.1 As letras e os algarismos usados em legendas ou anotações, podem ser verticais ou inclinados, para a direita, adotando-se, neste último caso, um ângulo de inclinação com a linha de base entre 60° e 75°.

5.2 Os tipos de letras e algarismos devem ser bem legíveis e de rápida execução. Estes tipos devem ser, de preferência, correspondentes aos das Figs. 12 e 13, utilizados em tamanhos adequados ao desenho.

5.3 As palavras, os números e os símbolos, salvo casos especiais, devem ser colocados de frente para quem observe o desenho pelo lado inferior ou pelo lado direito.

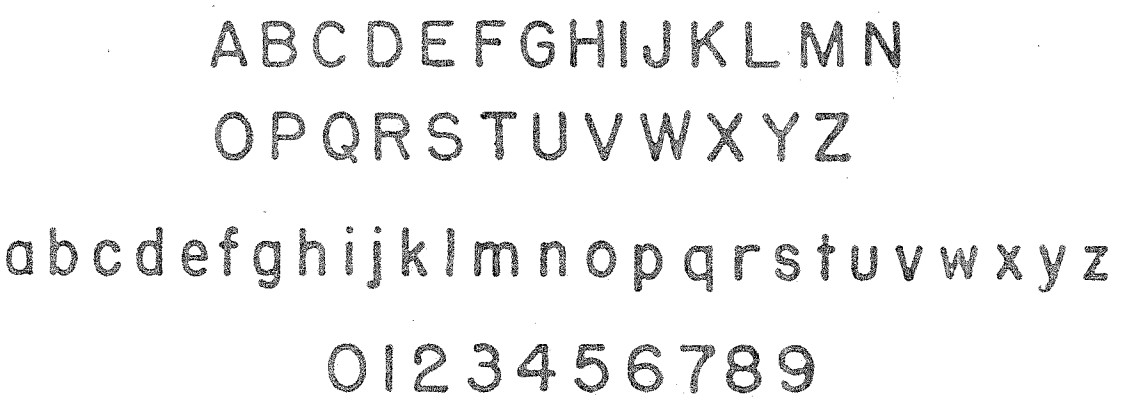


Figura 12

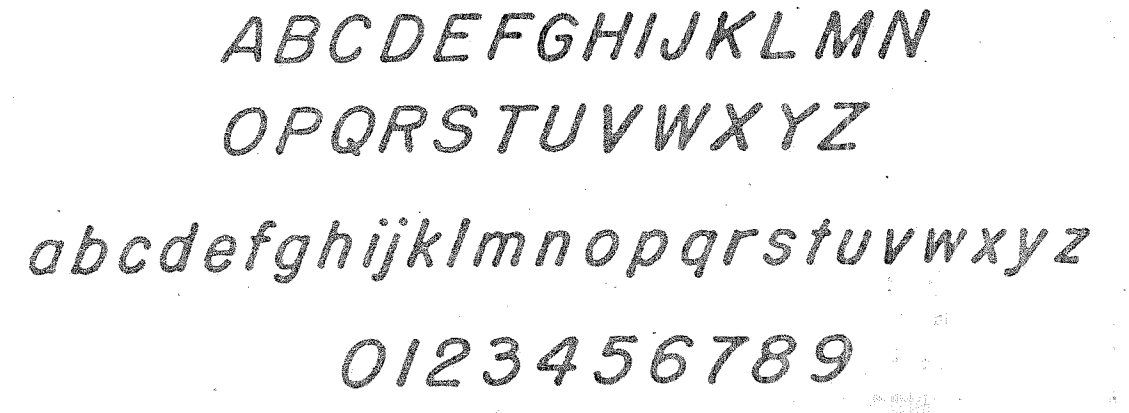


Figura 13

CAPITULO 6

LEGENDAS

6.1 Toda folha desenhada deve levar, no canto inferior direito (Fig. 5), um quadro destinado à legenda, constando do mesmo, além do título do desenho, as indicações necessárias à sua exata identificação e interpretação.

6.1.1 A legenda deve apresentar a disposição mais conveniente à natureza do respectivo desenho, não ultrapassando, tanto quanto possível, a largura de 175 mm.

6.1.2 Da legenda devem constar as seguintes indicações, além de outras julgadas indispensáveis para um determinado tipo de desenho:

— Nome da repartição, firma, empresa, etc.
— Título do desenho.
— Escalas.
— Unidades em que são expressas as dimensões.
— Número do desenho e, se necessário, outras indicações para classificação e arquivamento.
— Datas e assinaturas dos responsáveis pela execução, verificação e aprovação.
— Indicação de «substitui a» ou «substituído por», quando for o caso.

6.2 Lista de peças, relação de materiais, descrição de modificações e indicações suplementares, quando necessárias, devem ser apresentadas preferivelmente acima ou então à esquerda da legenda.

CAPÍTULO 7

LINHAS

7.1 Nos desenhos técnicos, recomenda-se utilizar linhas de três espessuras: grossa, média e fina.

7.1.1 Qualquer que seja o meio de execução, a lápis ou a tinta, faculta-se ao desenhista a fixação das espessuras que devem ser nitidamente distintas entre si.

A título de orientação, uma vez estabelecida a espessura da linha *grossa*, pode-se fixar a da linha *média* como metade da primeira e da *fina* como metade da segunda, aproximadamente.

7.1.2 Nos desenhos a lápis, a diferenciação pode ser obtida variando-se também a tonalidade do traço.

7.2 O emprego dos diferentes tipos de linhas deve obedecer às indicações das Figs. 14A e 14B.

Em casos especiais, podem ser empregados outros tipos de linhas, desde que seu significado seja esclarecido no desenho.

7.3 Nos cruzamentos de linhas, devem ser observadas as indicações da Fig. 15.

7.4 Nos casos de coincidências de linhas, no desenho, deve-se representar apenas uma delas, obedecida a seguinte ordem de precedência: arestas visíveis, invisíveis, linhas de corte, linhas de centro, linhas de extensão.

TIPO			EMPREGO
GROSSA	1	———	ARESTAS E CONTORNOS VISÍVEIS
	2	—— — —— — ——	LINHA DE CORTE
MÉDIA	3	— — — — — — —	ARESTAS E CONTORNOS NÃO VISÍVEIS
	4	~~~~~	LINHA DE RUPTURA CURTA
FINA	5	———	LINHAS DE COTA E DE EXTENSÃO HACHURAS LINHAS DE CHAMADA
	6	—— — —— — ——	EIXOS DE SIMETRIA E LINHAS DE CENTRO POSIÇÕES EXTREMAS DE PEÇAS MÓVEIS
	7	——/\——/\——	LINHA DE RUPTURA LONGA

Figura 14A

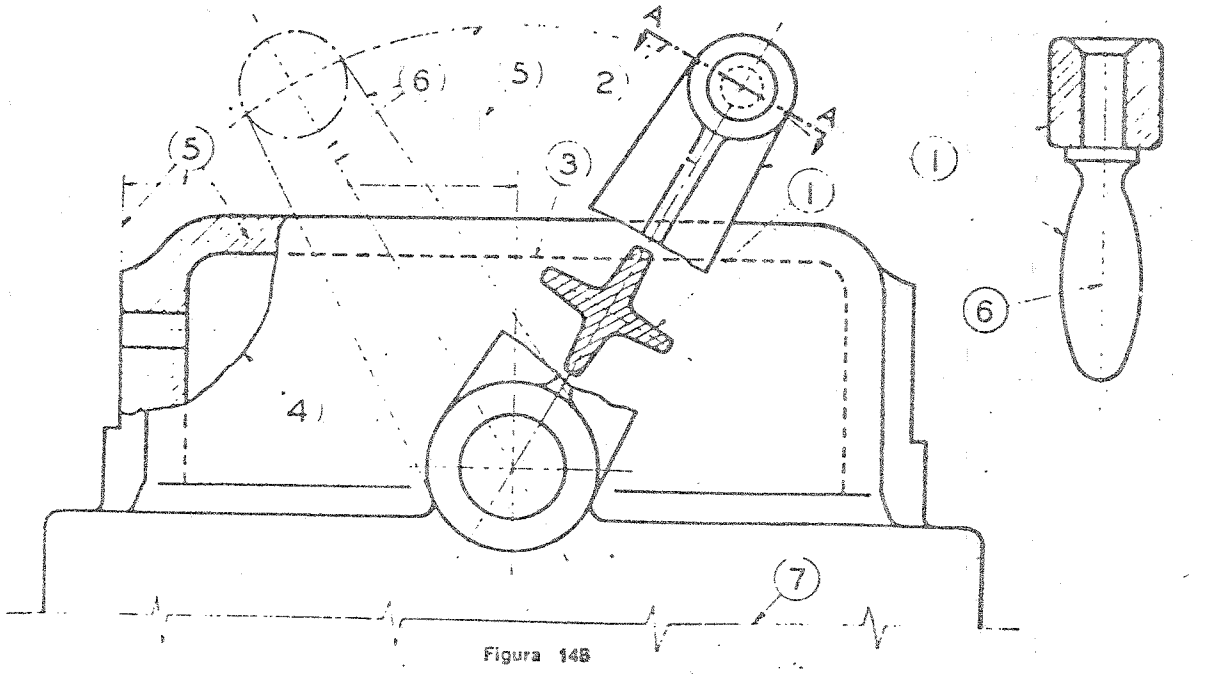


Figura 14B

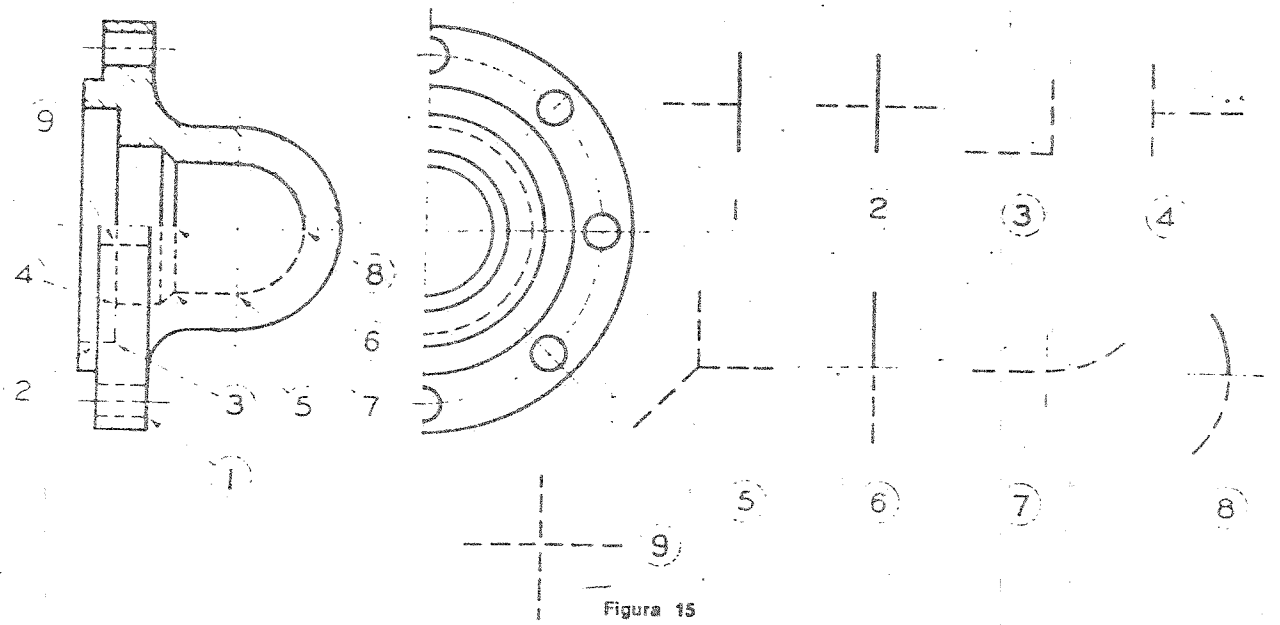


Figura 15

CAPÍTULO 8

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

8.1 No desenho técnico, a representação gráfica dos objetos pode ser feita por meio de:

Vistas ortográficas:
- Vistas principais
- Vistas auxiliares
- Vistas seccionais

Perspectivas:
- Perspectivas paralelas:
  - perspectiva axonométrica ortogonal
  - perspectiva cavaleira
- Perspectiva cônica

8.2 *Vistas ortográficas*

8.2.1 *Vistas principais*

8.2.1.1 Vistas ortográficas principais são as obtidas sobre seis planos, ditos principais, dispostos dois a dois segundo orientações perpendiculares entre si, formando o paralelepípedo de referência. Estas seis vistas são:

— *Vista de frente* — Projeção que mostra a face anterior do objeto e fornece a imagem do mesmo correspondente a um suposto observador cujos raios visuais se orientam segundo a seta F (Figs. 16A e 16B). Habitualmente é escolhida como anterior a face que melhor sugere a forma do objeto, respeitando a sua posição de equilíbrio ou de trabalho.

— *Vista superior* — Correspondente a um observador que contempla de cima o objeto (raios visuais segundo S).

— *Vista lateral direita* — Correspondente ao observador que se coloca à direita daquele da vista de frente, para contemplar de lado o objeto (raios visuais segundo D).

— *Vista lateral esquerda* — Correspondente ao observador que se coloca à esquerda daquele da vista de frente, para contemplar de lado o objeto (raios visuais segundo E).

— *Vista inferior* — Correspondente ao observador que contempla de baixo o objeto (raios visuais segundo I).

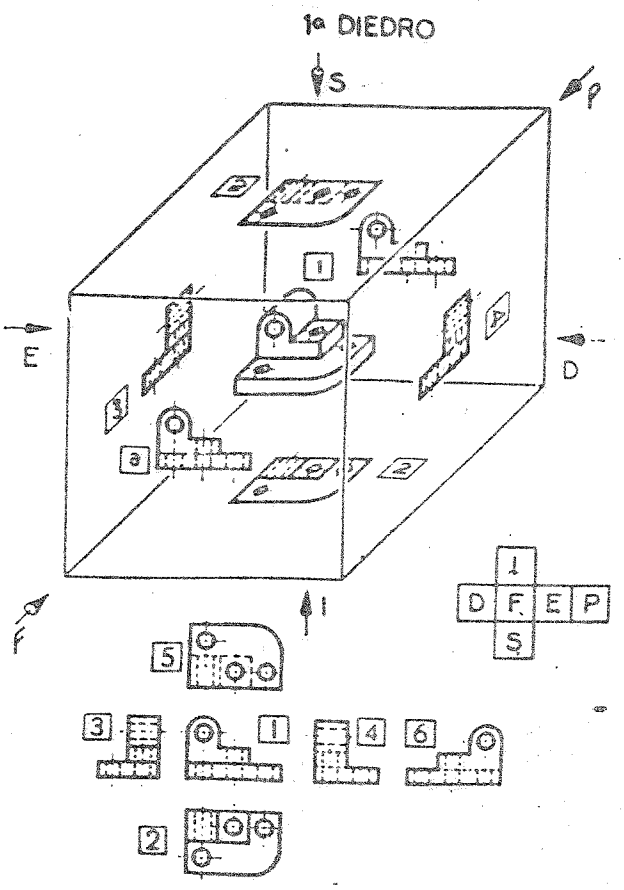


Figura 16A

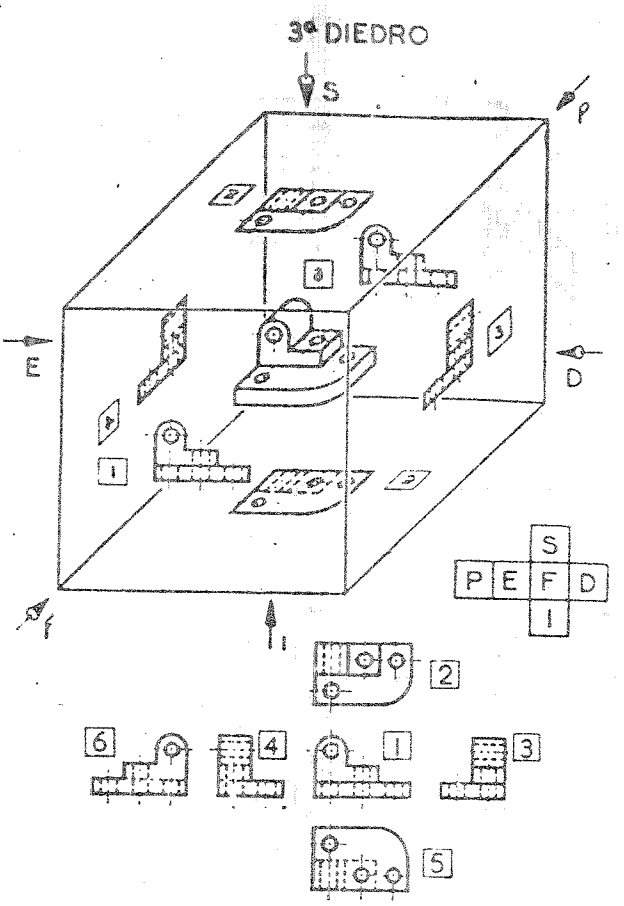


Figura 16B

— *Vista posterior* — Correspondente ao observador que contempla de trás o objeto (raios visuais segundo P).

8.2.1.2 Conforme se considere o objeto no 1º ou no 3º diedro, o plano de projeção estará situado, respectivamente, por trás do objeto ou entre este e o suposto observador.

8.2.1.3 No 1º diedro, a vista de frente se obtém na face posterior do paralelepípedo de referência, a superior na face inferior, a vista lateral direita na face esquerda, a vista lateral esquerda na face direita, a vista inferior na face superior e a vista posterior na face anterior, como indica a Fig. 16A.

8.2.1.4 No 3º diedro, a vista de frente se obtém na face anterior do paralelepípedo de referência, a superior na face superior, a direita na face direita, a esquerda na face esquerda, a inferior na face inferior e a posterior na face posterior, como indica a Fig. 16B.

8.2.1.5 Para a representação das vistas no desenho, desenvolve-se o paralelepípedo de referência sobre o plano da vista de frente que é considerado coincidente com o do desenho. Daí resulta a disposição das seis vistas principais, indicada na Fig. 16A para o 1º diedro e na Fig. 16B para o 3º.

8.2.1.6 No desenho não se representam as arestas do paralelepípedo, de referência, nem se escrevem os nomes das vistas. Deve-se porém indicar o diedro em que é feita a representação, de modo a permitir a identificação das vistas pelas suas posições relativas. Essa indicação se faz, seja escrevendo «1º diedro» ou «3º diedro», seja utilizando os símbolos das Figs. 17 e 18 respectivamente. Nas figuras que ilustram esta Norma, ora empregou-se o 1º diedro, ora o 3º, com a finalidade de mostrar exemplos dessas duas modalidades de representação.

8.2.1.7 São executadas tantas vistas quantas forem necessárias à caracterização da forma do objeto, sendo raramente exigidas as seis vistas.

8.2.2 *Vistas auxiliares*

8.2.2.1 Vistas ortográficas auxiliares são as obtidas sobre planos auxiliares, inclinados em relação a planos principais de projeção. Empregam-se para representar, com exatidão, detalhes do objeto, inclinados em relação às faces principais do mesmo. Estas vistas classificam-se em:

— *Vista auxiliar primária* — Obtida em plano auxiliar de projeção perpendicular ao plano principal (Figs. 19, 20 e 21).

— *Vista auxiliar secundária* — Obtida em plano auxiliar de projeção inclinado em relação a todos os planos principais (Fig. 22).

8.2.2.2 Conforme se considere o objeto no 1º ou no 3º diedro, devem ser respeitadas as sequências dos elementos de projeção, já indicadas para as vistas principais (ver 8.2.1.2).

8.2.2.3 O plano de uma vista auxiliar deve ser rebatido sobre o da vista a partir da qual ela foi construída. A disposição das vistas após o rebatimento deve ser a indicada nas Figs. 19, 20, 21 e 22.

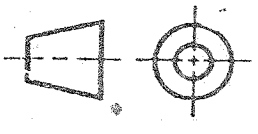


Figura 17

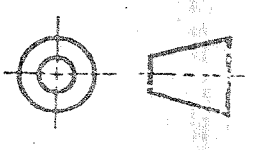


Figura 18

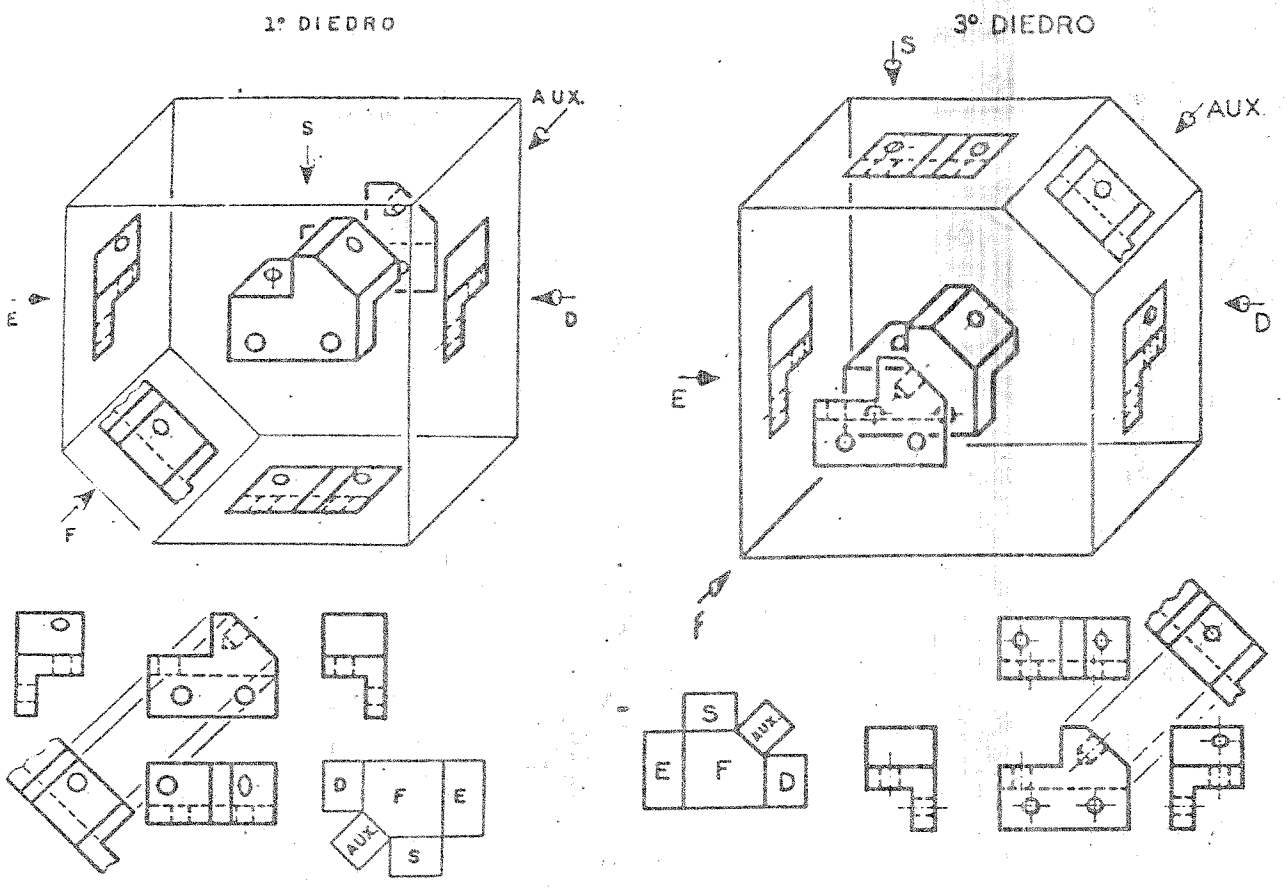


Figura 19 A

Figura 19 B

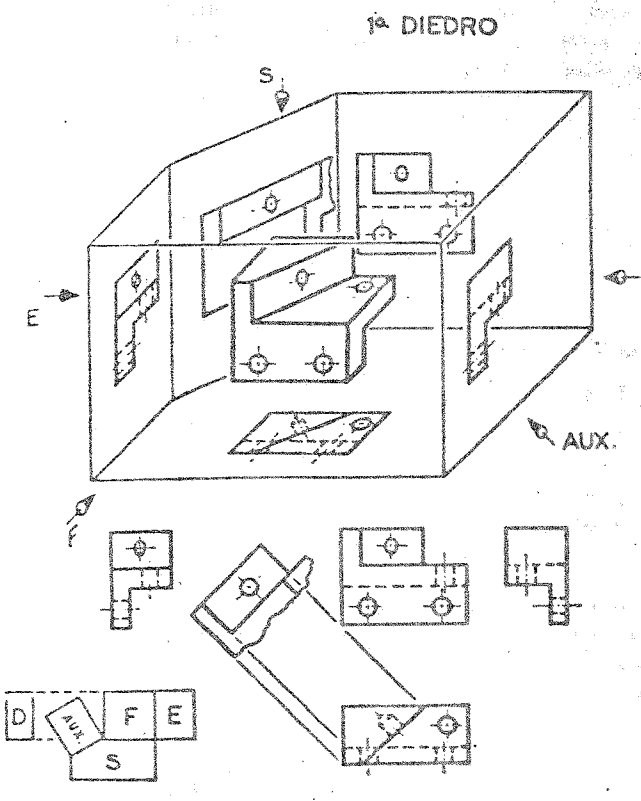


Figura 20 A

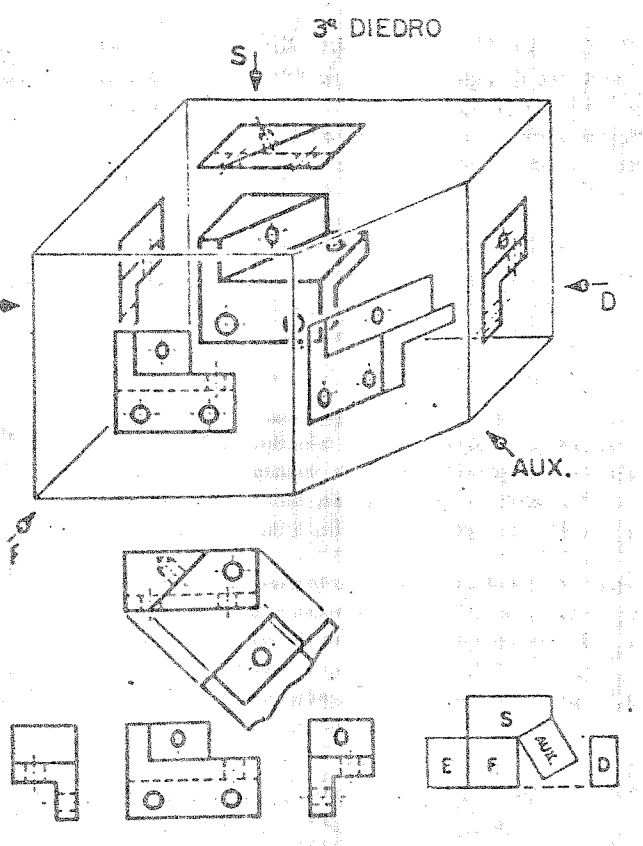


Figura 20 B

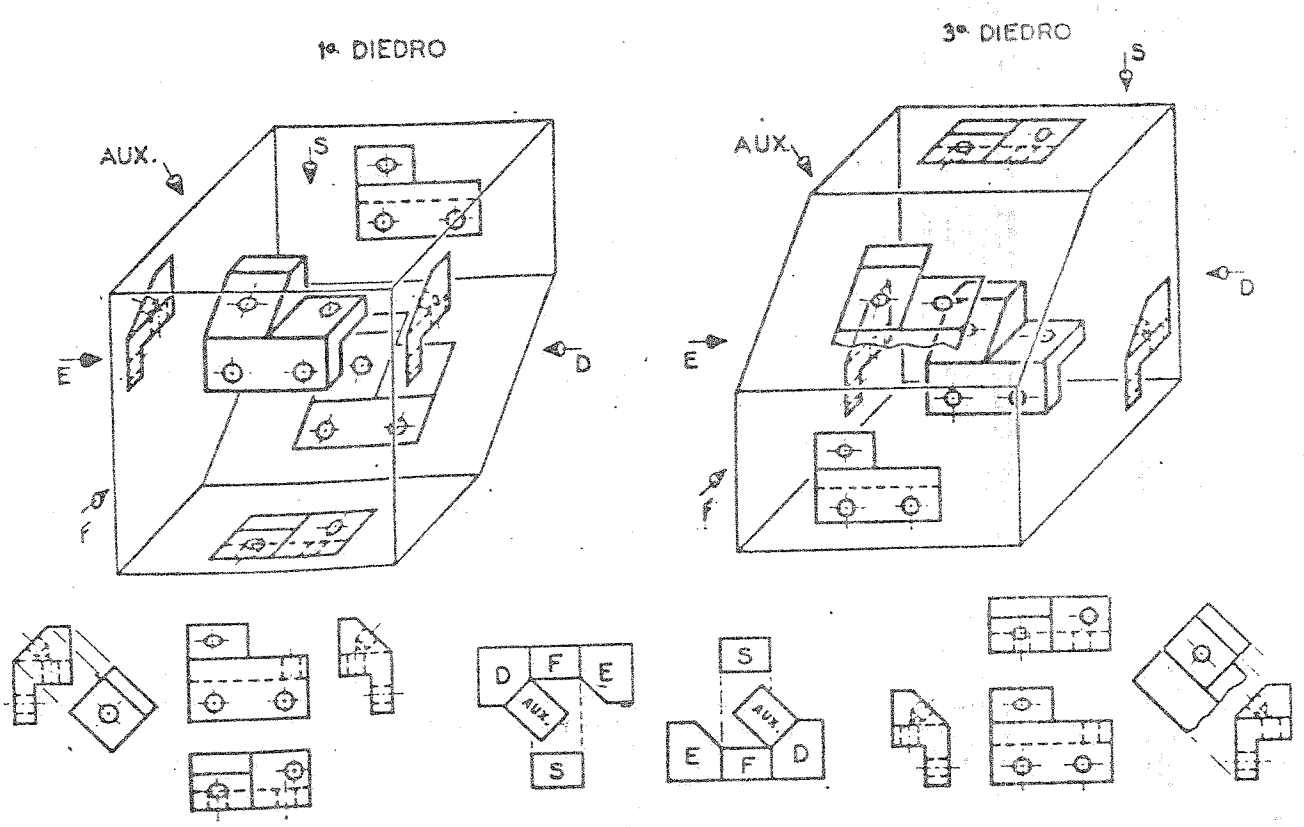


Figura 21 A

Figura 21 B

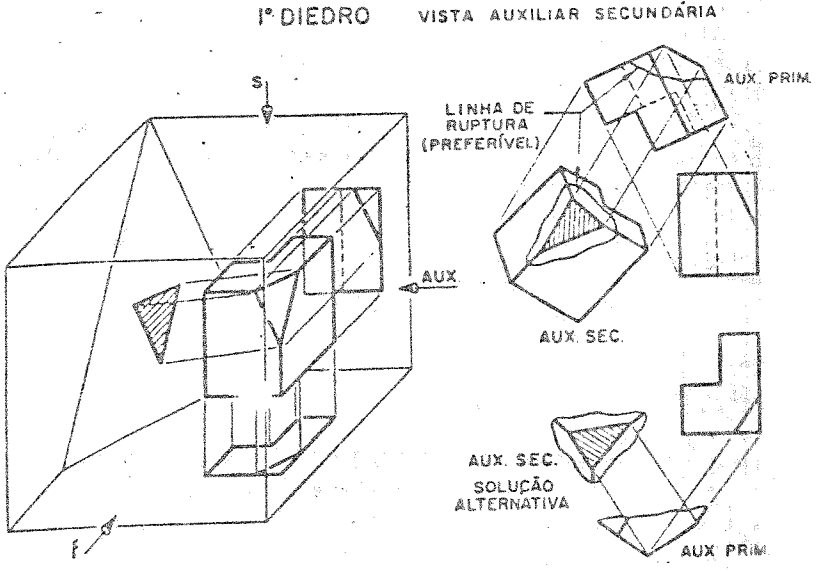


Figura 22 A

8.2.2.4 Como nas principais, não se escrevem junto às vistas auxiliares os seus nomes. Contudo, para facilitar a leitura do desenho, é aconselhável realçar a correlação entre a auxiliar e a vista a partir da qual ela foi construída, por meio de prolongamento de linha de centro ou representação das linhas de chamada extremas.

8.2.2.5 No desenho de uma vista auxiliar pode-se representar apenas o detalhe que a motivou, omitindo o restante do objeto ou mostrando somente as linhas adjacentes à mesma, indicando a interrupção por uma linha de ruptura.

8.2.3 *Vistas secionais*

8.2.3.1 Vistas ortográficas secionais são as obtidas quando se supõe o objeto cortado por plano secante convenientemente escolhido e removida a parte interposta entre plano secante e observador. Empregam-se para representar, com exatidão, detalhes ou perfis não revelados claramente nas outras vistas. Estas vistas classificam-se em:

— *Corte* — Registra tanto a interseção do plano secante com o objeto como a projeção da parte deste, situada além desse plano.

— *Seção* — Registra tão somente a interseção do plano secante com o objeto.

8.2.3.2 Nas vistas secionais, a interseção do plano secante com o objeto é destacada por meio de hachurado. As hachuras são habitualmente inclinadas a 45°, podendo tomar outra direção quando houver necessidade de evitar seu paralelismo com extensão apreciável do contorno da seção.

3° DIEDRO VISTA AUXILIAR SECUNDÁRIA

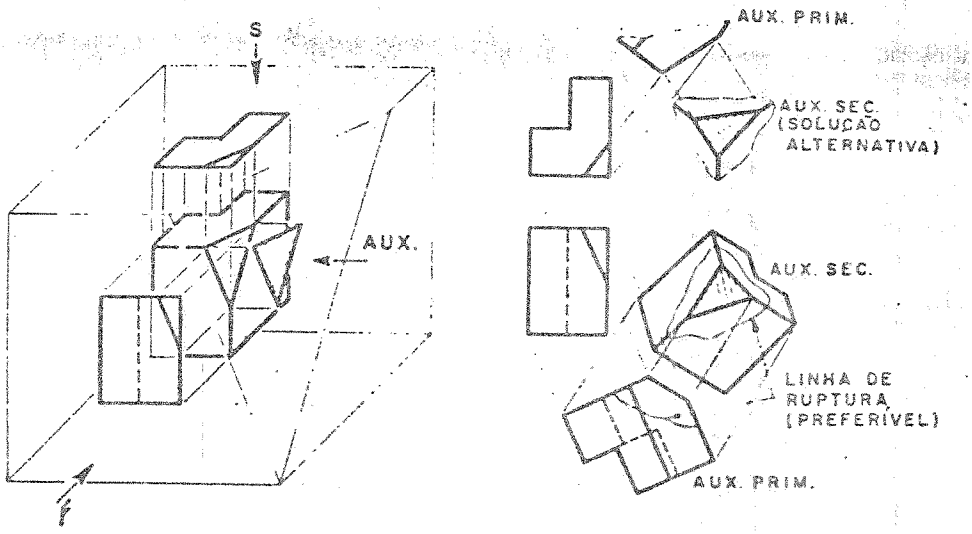


Figura 22 B

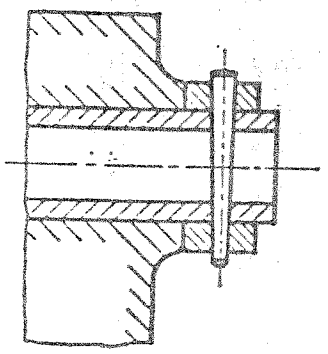


Figura 23

8.2.3.3 Nos desenhos de conjunto, peças adjacentes devem figurar com hachuras diferindo pela direção ou pelo espaçamento das hachuras (Fig. 23).

8.2.3.4 Desejando-se utilizar hachurados ou convenções referentes aos diversos materiais, devem ser obedecidos os padrões da Fig. 24.

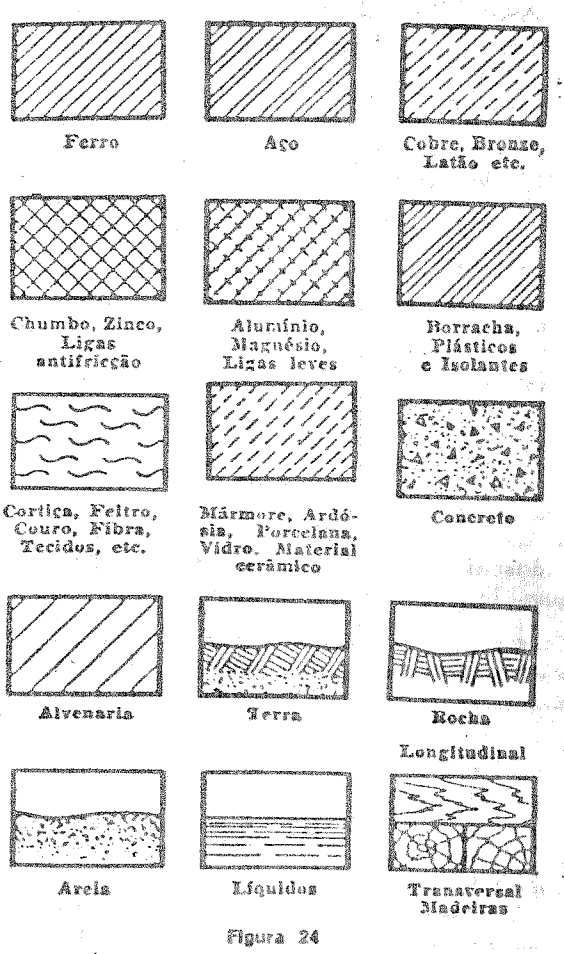


Figura 24

8.2.3.5 Sendo a área a hachurar muito grande, pode-se limitar o hachurado à vizinhança do contorno, deixando a parte central em branco (Fig. 23).

8.2.3.6 Surgindo, pelo contrário, uma seção delgada, em vez de hachurada ela pode ser enegrecida (Fig. 25).

Figura 25

Havendo peças adjacentes, a sua separação é indicada por uma «linha de luz» em branco (Fig. 26).

Figura 26

8.2.3.7 Nas vistas secionais não se devem representar linhas invisíveis. Excetuam-se os casos especiais em que estas linhas venham a contribuir para a clareza ou a simplificação do desenho.

8.2.3.8 A posição do plano secante é indicada representando-se o seu traço por uma linha de corte conforme as Figs. 27, 30, 31, 32, 35 e 36. Sendo evidente essa posição do plano secante, permite-se a omissão da linha de corte.

8.2.3.9 Havendo necessidade de registrar no desenho o sentido em que é observada a vista secional, este é indicado por setas nos extremos da linha de corte (Figs. 27, 30, 31, 32 e 36).

8.2.3.10 Havendo necessidade de identificar uma vista secional e o respectivo plano secante, empregam-se letras maiúsculas (A, B, C, etc.) colocadas ao lado das setas nos extremos da linha de corte, escrevendo-se junto à vista secional correspondente: CORTE A-A, CORTE B-B, etc. (Figs. 27, 30, 31 e 32) ou SEÇÃO A-A, SEÇÃO B-B, etc. (Figs. 35 e 36). Em certos desenhos especializados, emprega-se CORTE A-B, CORTE C-D, etc.

8.2.3.11 Conforme a extensão em que se supõe cortado o objeto, têm-se:

— *Corte pleno* — O objeto é cortado em toda a sua extensão (Fig. 27).

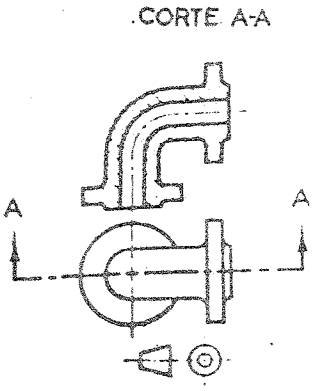


Figura 27

— *Meio corte* — Apenas a metade do objeto é cortada, permanecendo a outra metade em vista externa. Esse tipo de corte é peculiar aos objetos simétricos (Fig. 28).

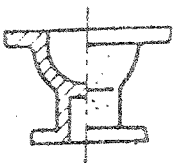


Figura 28

— *Corte parcial* — Apenas uma parte do objeto é cortado para focalizar um detalhe, delimitando-se esse corte com linha de ruptura (Fig. 29).

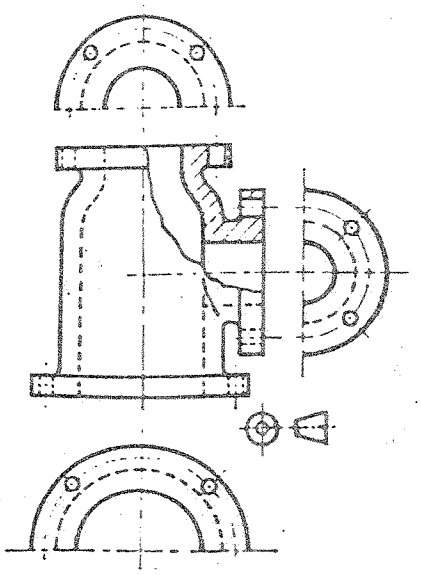


Figura 29

8.2.3.12 Conforme a conveniência, de acordo com a forma particular do objeto, um corte pode corresponder à associação de dois ou mais planos secantes, constituindo um corte composto. Este, por sua vez, pode corresponder a planos secantes, concorrentes (Figs. 30 e 31) ou paralelos (Fig. 32).

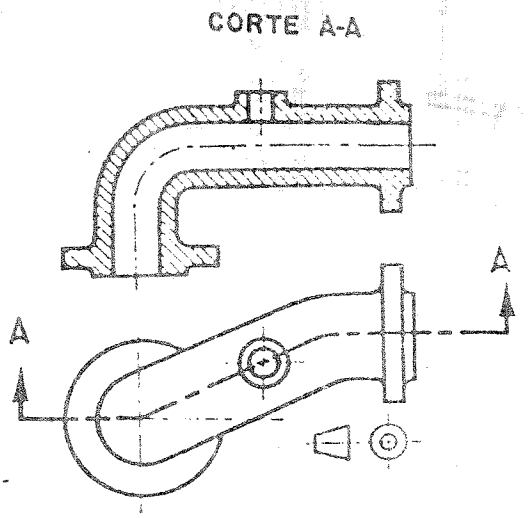


Figura 30

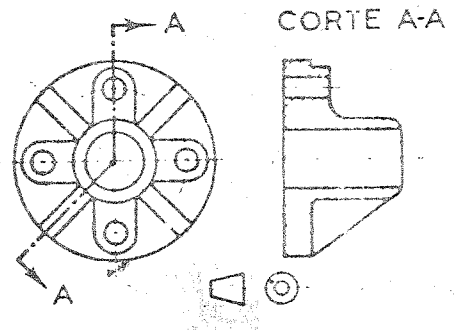


Figura 31

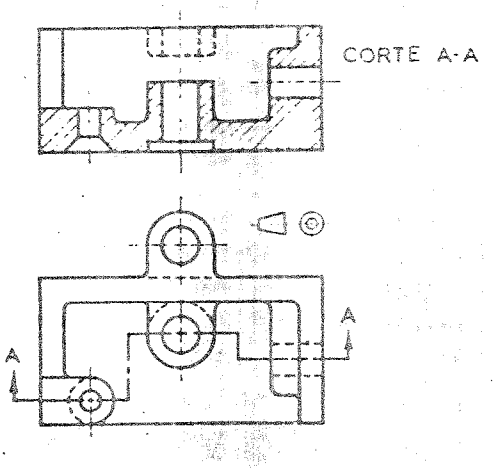


Figura 32

8.2.3.13 Os cortes ou seções mostrando detalhes ao longo de um objeto, podem ser rebatidos sobre o plano de uma das vistas ortográficas. Conforme a conveniência, estes cortes ou seções rebatidas podem ser representados dentro do contorno da vista, sem interrupção do traçado desta (Fig. 33-a), com interrupção (Fig. 33-b), ou, ainda, removidos para fora desse contorno (Fig. 34).

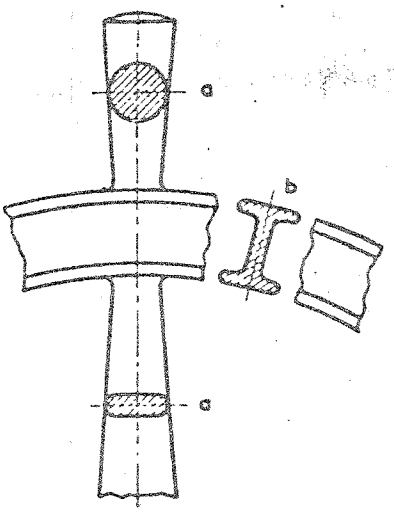


Figura 33

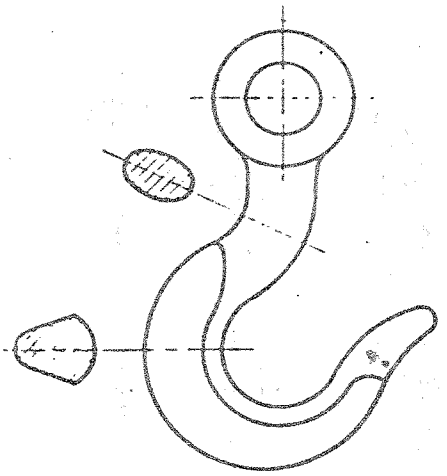


Figura 34

8.2.3.14 Várias seções sucessivas, por planos paralelos, podem ser indicadas no desenho, de acordo com os exemplos das Figs. 35 ou 36, conforme a conveniência em cada caso.

8.2.3.15 Nos cortes e seções, convenciona-se não hachurar nervuras e raios de uma peça, bem como eixos, pinos, chavetas, parafusos, rebites e esferas nos desenhos de conjunto, quando tais elementos são atingidos longitudinalmente pelo plano secante (Fig. 37).

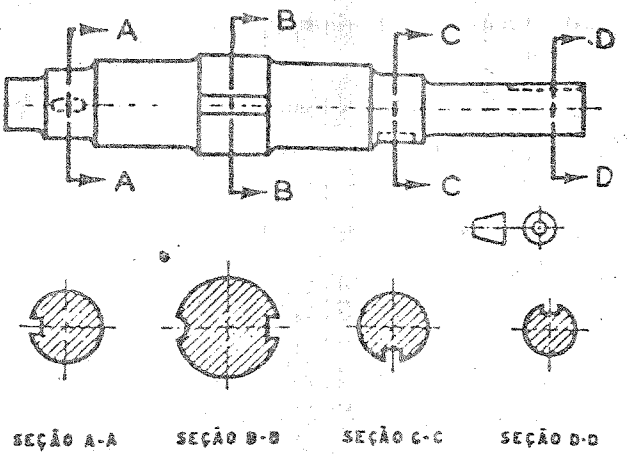


Figura 36

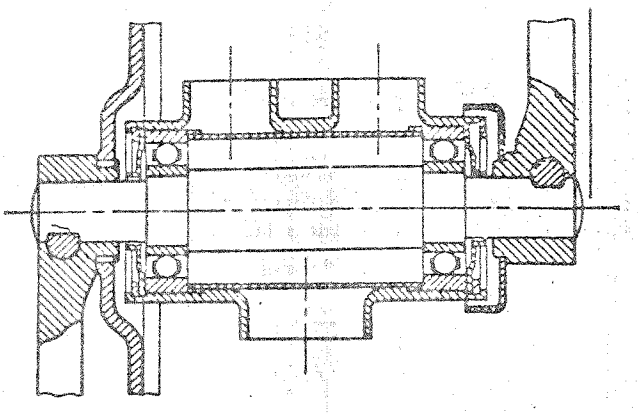


Figura 37

8.2.4 *Tratamentos convencionais* — A bem da clareza e simplicidade dos desenhos, devem ser observadas as seguintes convenções:

8.2.4.1 *Vistas em situações especiais* — Não sendo possível ou conveniente representar uma vista na posição determinada pelo rebatimento dos planos de projeção sobre o do desenho, pode-se localizar essa vista em outra posição, indicando-se, porém, o sentido de observação por uma seta designada por uma letra maiúscula A, B, C, etc. e identificando-se a vista, escrevendo junto à mesma VISTA DE A, VISTA DE B, etc. (Figs. 38 e 39, respectivamente).

8.2.4.2 *Representação simplificada de interseção* — As intersecções onde intervêm corpos redondos podem ser representadas como nas Figs. 40, 41, 42 e 43, preferindo-se entretanto as simplificações das Figs. 41 e 43.

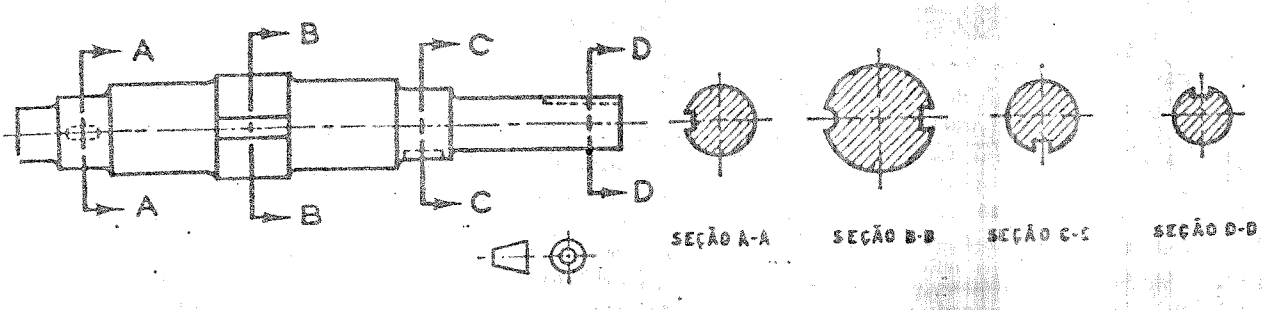


Figura 35

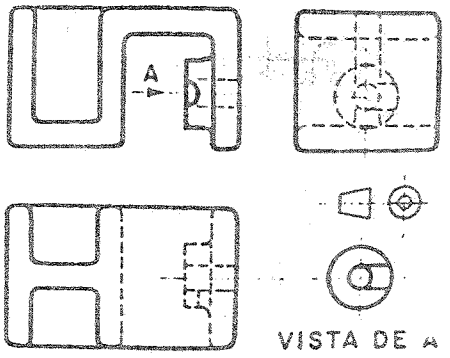


Figura 38

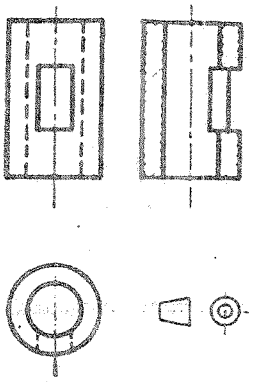


Figura 40

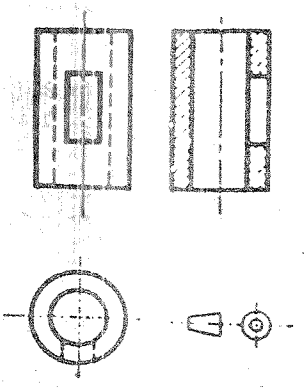


Figura 41

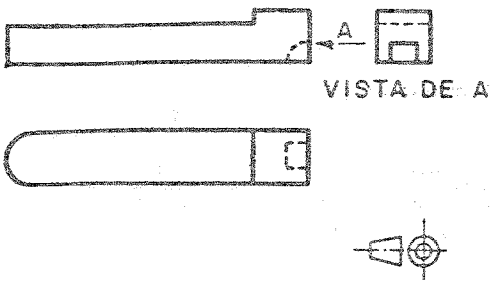


Figura 39

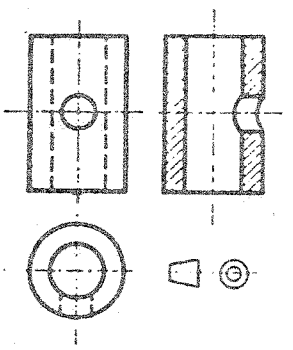


Figura 42

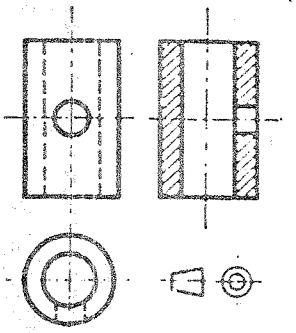


Figura 43

8.2.4.3 *Concordâncias em interseções de superfícies* — Quando a interseção de duas superfícies se fizer por uma concordância, empregar-se-ão as representações convencionais das Figs. 44, 45, 46, 47, 48 e 49. Quando em uma vista não ficar definida a forma do objeto devido às concordâncias das superfícies que o delimitam, desenhar-se-ão linhas fictícias de interseção, conforme Figs. 50 e 51.

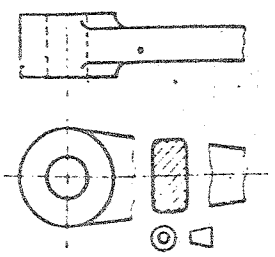


Figura 44

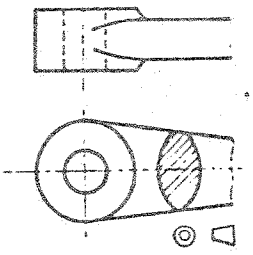


Figura 45

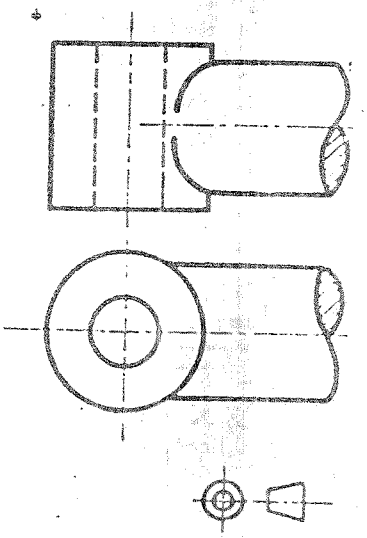


Figura 46

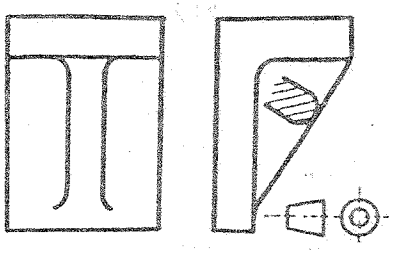


Figura 47

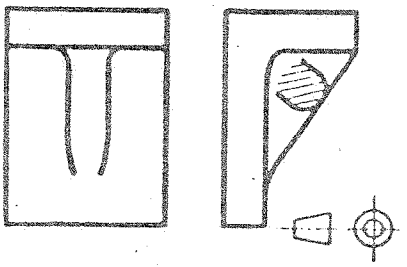


Figura 48

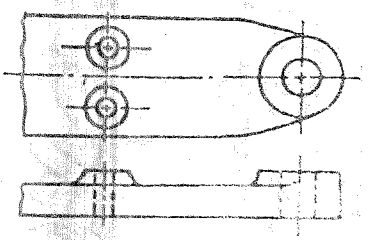


Figura 49

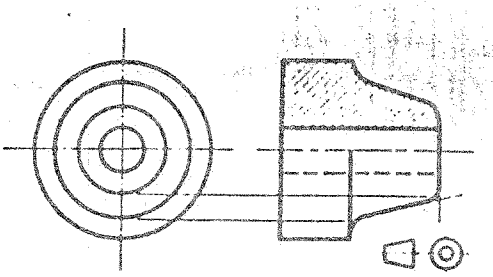


Figura 50

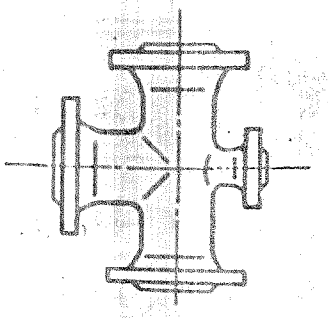


Figura 51

8.2.4.4 *Rotação de detalhes oblíquos* — A fim de evitar o encurtamento que resultaria da verdadeira projeção de detalhes inclinados, faz-se a rotação de tais detalhes, de modo a projetá-los sem deformação (Figs. 52, 53 e 54).

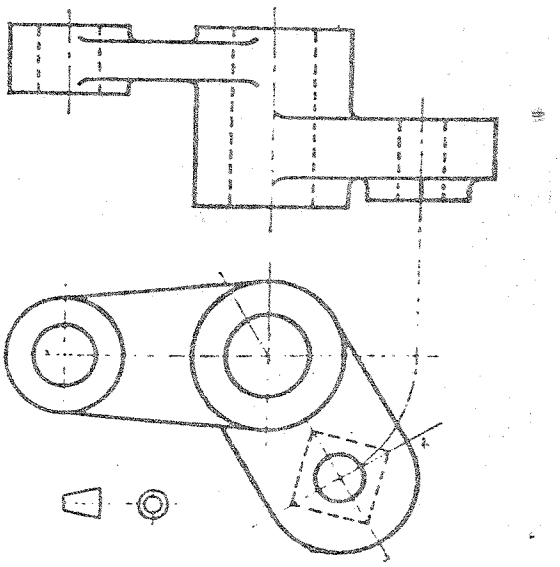


Figura 52

CORTE A-A

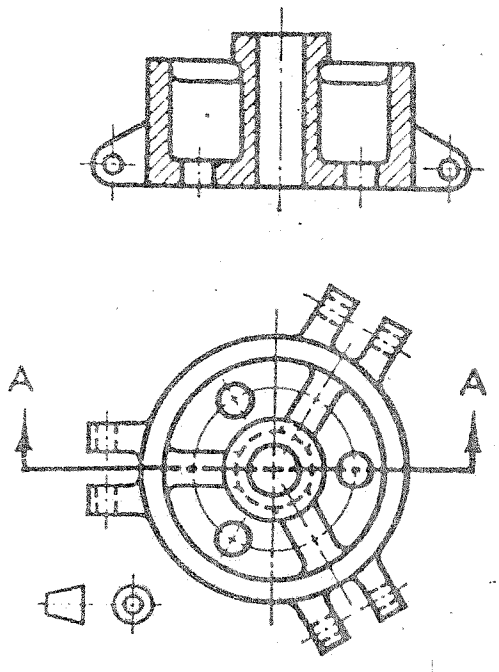


Figura 54

8.2.4.5 *Rupturas* — Quando, para melhor aproveitamento de espaço no desenho, a peça for representada, partida, as rupturas obedecerão às convenções da Fig. 55.

8.3 *Perspectivas*

8.3.1 *Perspectivas paralelas* — Resultam de projeção cilíndrica do objeto sobre o quadro. Compreendem:

8.3.1.1 *Perspectiva axonométrica ortogonal* — Resulta de projeção cilíndrica ortogonal, estando o objeto inclinado em relação ao quadro.

8.3.1.1.1 Da inclinação atribuída ao objeto, em relação ao quadro, dependem as escalas dos eixos axonométricos e os ângulos que esses mesmos eixos formam entre si.

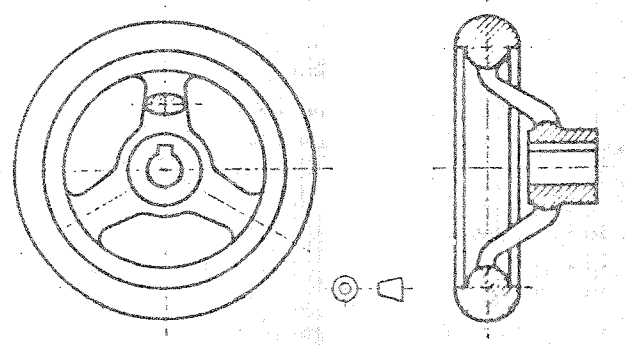


Figura 53

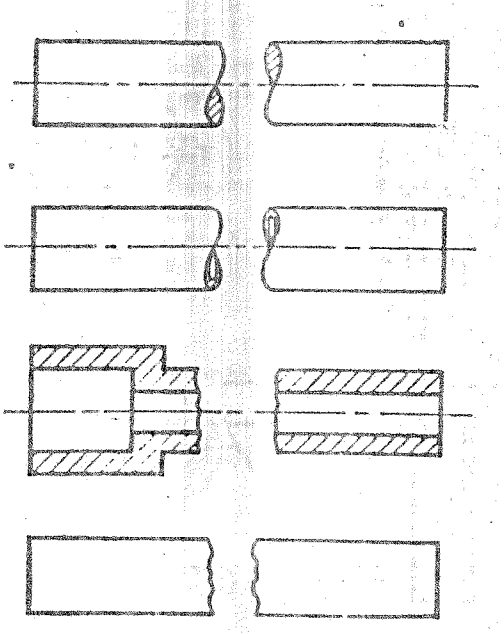


Figura 55

SISTEMAS		*Coeficientes de redução das escalas dos eixos*			*Ângulos dos eixos*		
		x	y	z	ξ	η	ζ
ISOMÉTRICOS	1:1:1	0,816	0,816	0,816	120°00'	120°00'	120°00'
DIMÉTRICOS	4:3:4 3:2:3 2:1:2	0,883 0,905 0,943	0,663 0,603 0,471	0,883 0,905 0,943	126°50' 128°35' 131°25'	106°20' 102°50' 97°10'	126°50' 128°35' 131°25'
TRIMÉTRICOS	7:6:8 5:4:6	0,811 0,806	0,695 0,645	0,927 0,967	114°46' 108°13'	106°59' 101°10'	138°15' 150°37'

8.3.1.1.2 Os sistemas comumente empregados estão relacionados no quadro acima onde se indicam as escalas e os ângulos dos eixos, conforme notação da Fig. 56.

O aspecto da perspectiva de um cubo nesses vários sistemas é apresentado pelas Figs. 57, 58, 59, 60, 61 e 62.

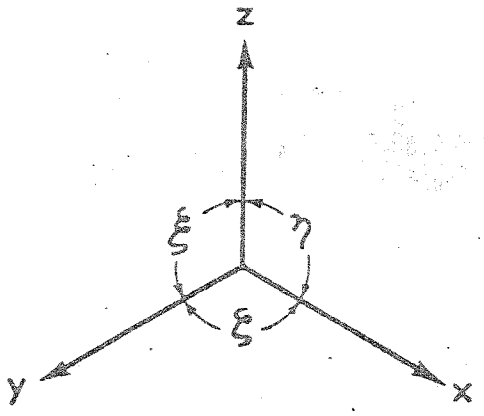


Figura 56

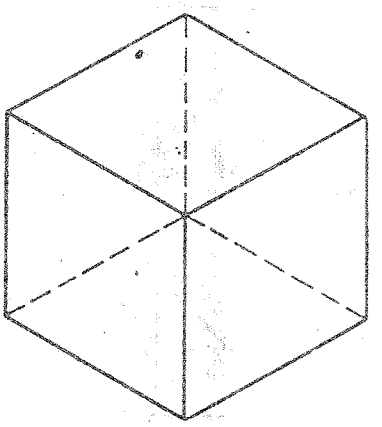


Figura 57

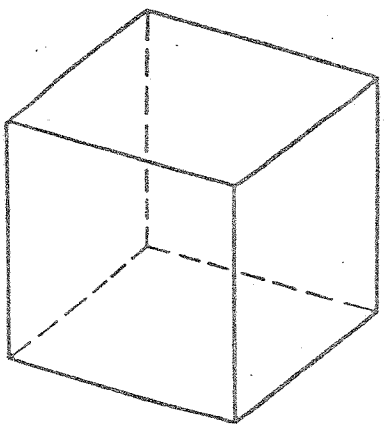


Figura 58

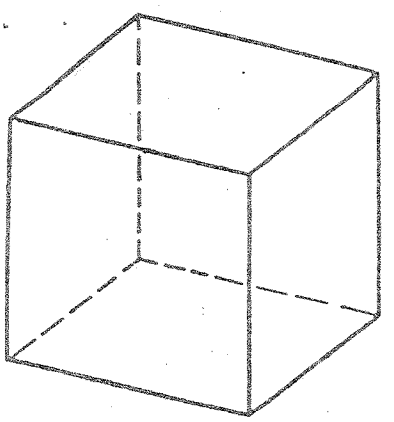


Figura 59

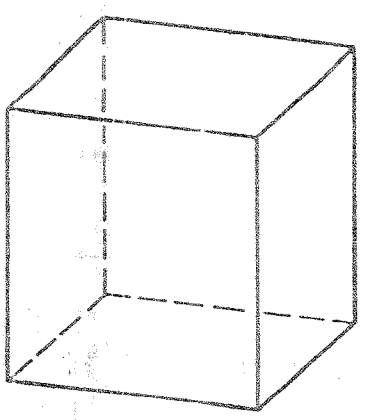


Figura 60

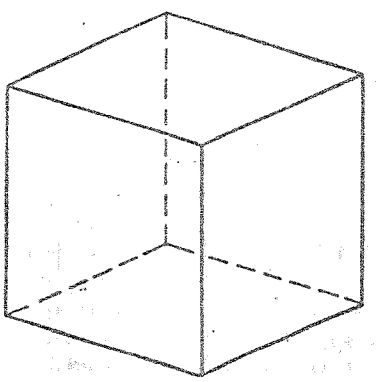


Figura 61

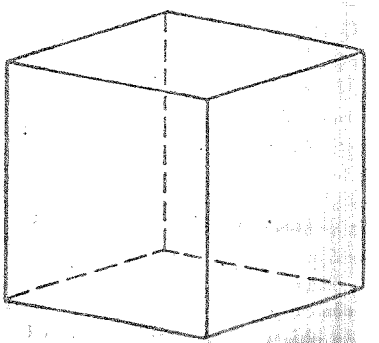


Figura 62

8.3.1.2 *Perspectiva cavaleira* — Resulta de projeção cilíndrica oblíqua, estando o objeto com uma face paralela ao quadro.

8.3.1.2.1 Da direção atribuída às projetantes, dependem a escala e a orientação dos eixos das fugitivas. As reduções habitualmente empregadas para a escala do eixo das fugitivas são: 1:2, 2:3, 3:4 e 1:1.

8.3.1.2.2 A orientação do eixo das fugitivas pode ser qualquer, independentemente da escala do mesmo. Costuma-se empregar ângulos múltiplos de 30° e 45°, com exclusão evidente de 0° e dos múltiplos de 90°.

8.3.1.2.3 Um sistema de perspectiva cavaleira fica definido pela livre associação de uma das escalas com uma das orientações de fugitivas acima referidas. O aspecto da perspectiva de um cubo em alguns sistemas de perspectiva cavaleira é apresentado pelas Figs. 63, 64, 65, 66, 67, 68 e 69.

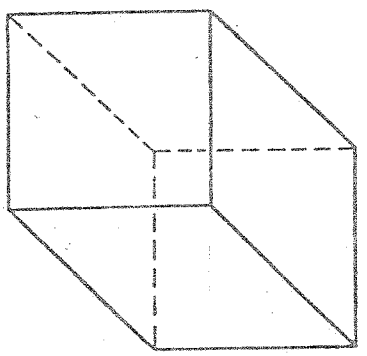


Figura 63

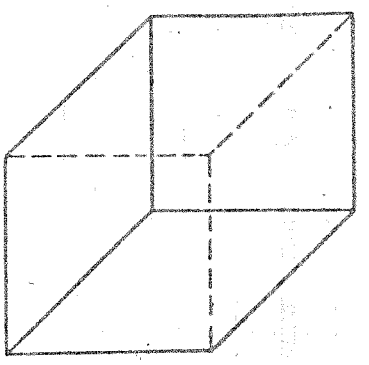


Figura 64

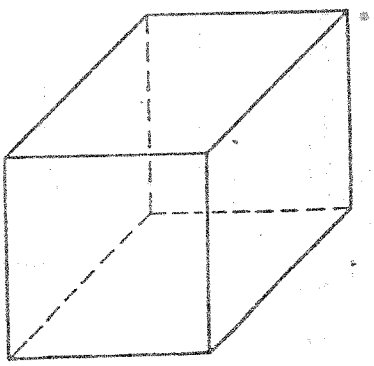


Figura 65

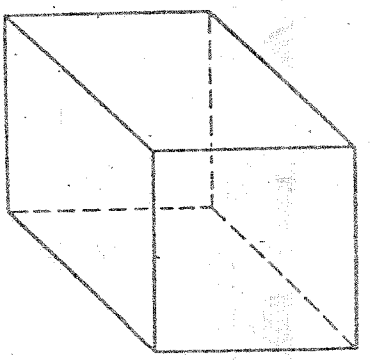


Figura 66

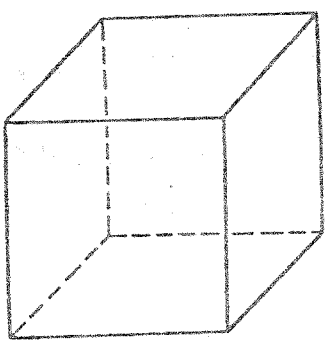


Figura 67

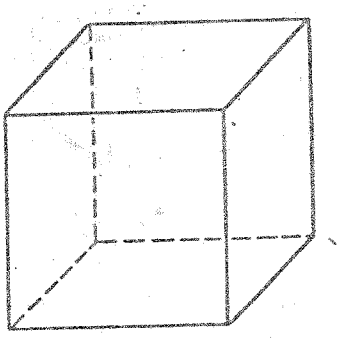


Figura 68

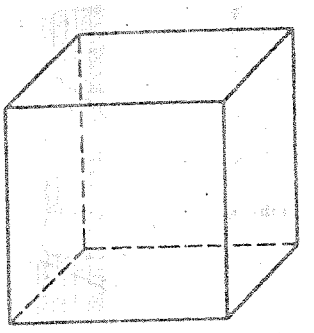


Figura 69

8.3.2 *Perspectiva cônica* — Resulta de projeção cônica do objeto sobre o quadro.

8.3.2.1 A perspectiva cônica é empregada quando a finalidade do desenho exigir do objeto uma imagem mais fiel do que a obtida pelas perspectivas paralelas.

8.3.2.2 Conforme se considere o objeto com duas, uma ou nenhuma de suas direções dominantes paralelas ao quadro, tem-se os casos que usualmente são denominados a perspectiva cônica com um, dois ou três pontos de fuga, respectivamente. O aspecto dessas perspectivas de um cubo é apresentado pelas Figs. 70, 71 e 72.

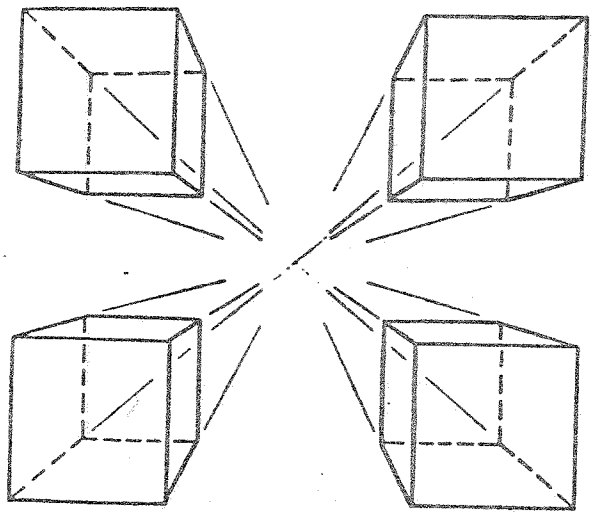


Figura 70

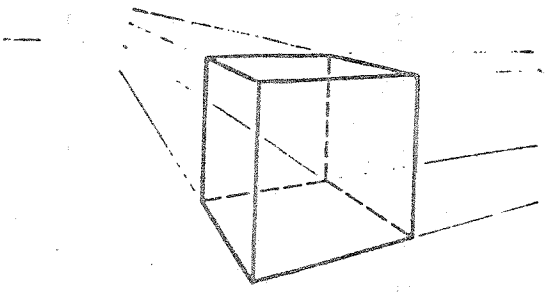


Figura 71

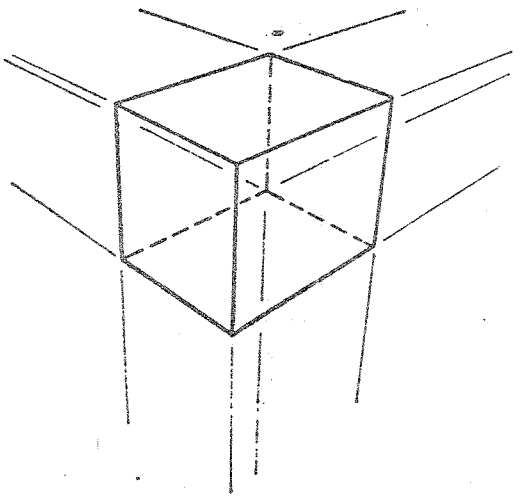


Figura 72

CAPÍTULO 9

COTAGEM

9.1 *Princípios gerais*

9.1.1 Todas as cotas necessárias à caracterização da forma e da grandeza do objeto devem ser indicadas diretamente sobre o desenho de modo a não exigir, posteriormente, o cálculo ou a estimativa de medidas.

9.1.2 Além das cotas, devem ser também incorporadas ao desenho as informações necessárias à completa elucidação de todos os detalhes do objeto representado.

9.1.3 A cotagem deve ser executada considerando a função, a fabricação e a inspeção do objeto.

9.1.4 As cotas devem ser indicadas com a máxima clareza de modo a admitir uma única interpretação.

9.1.5 Não devem ser colocadas no desenho outras cotas além das indispensáveis para definir o objeto. Deve ser evitada a repetição de cotas.

9.1.6 Cada cota deve ser indicada na vista que mais claramente representar a forma do elemento cotado.

9.1.7 Quando as cotas do desenho forem expressas na mesma unidade não haverá necessidade de escrever junto ao valor numérico da cota o símbolo dessa unidade, por ser esta última indicada na legenda. Caso contrário, escrever-se-á junto ao valor de cada cota o símbolo da unidade em que ela for expressa. Quando, entretanto, houver um número limitado de cotas expressas em determinada unidade, somente nestas deve-se indicar o símbolo. Na legenda devem ser apontadas todas as unidades adotadas (Fig. 86).

9.2 *Representação gráfica das cotas.*

9.2.1 *Linhas de cota.*

9.2.1.1 As linhas de cota são representadas por traço fino (de acordo com as convenções do Capítulo 7), limitadas pelas linhas de extensão (Figs. 73 e 81).

9.2.1.2 Nunca se deve usar como linhas de cota: eixos, linhas de centro, arestas e contornos do objeto.

9.2.1.3 Deve-se evitar, na medida do possível, que linhas de cota se cruzem entre si ou com linhas do desenho.

9.2.1.4 Em casos de desenhos esquemáticos, é permitido colocar as cotas diretamente sobre os elementos representados, como por exemplo, em estruturas (Fig. 74).

9.2.2 *Linhas de extensão.*

9.2.2.1 As linhas de extensão são representadas por traço fino (de acordo com as convenções do Capítulo 7), não devem tocar o contorno do objeto e prolongam-se um pouco além da última linha da cota que abrangem (Figs. 73 e 81).

9.2.2.2 As linhas de centro, eixos, arestas e contornos do objeto podem substituir, quando conveniente, as linhas de extensão (Fig. 75).

9.2.2.3 As linhas de extensão construídas perpendicularmente à dimensão cotada (Fig. 73), podendo, em caso de necessidade, ser traçadas obliquamente, mas paralelas entre si (Fig. 76).

9.2.2.4 Quando uma cota for referida à interseção de duas linhas de construção, procede-se com a linha de extensão como indica a Fig. 77.

9.2.3 *Terminação das linhas de cota.*

9.2.3.1 As linhas de cota são terminadas em suas extremidades, por setas, desenhadas como na Fig. 78.

9.2.3.2 As setas são desenhadas habitualmente no interior dos limites da linha de cota. Quando isso for impossível por falta de espaço, deve-se desenhar as setas externamente (Fig. 85).

9.2.3.3 As linhas de cotas de raios de arcos não levam seta na extremidade que está no centro do arco (Figs. 102, 103 e 104).

9.2.3.4 Em certos desenhos especializados, as setas são substituídas por pontos (Fig. 79), ou por pequenos traços inclinados a 45° (Fig. 80).

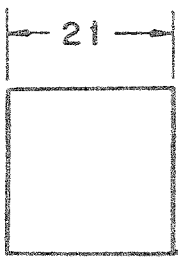


Figura 73

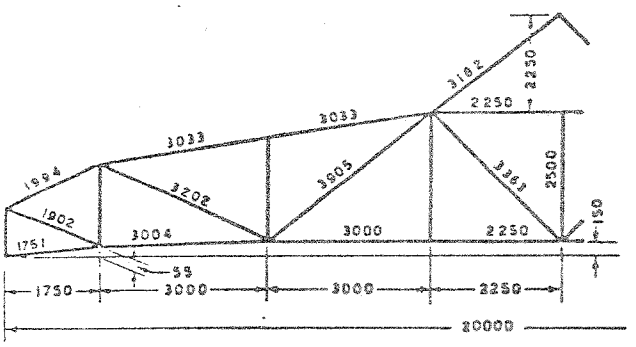


Figura 74

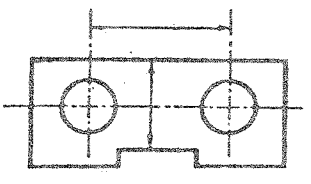


Figura 75

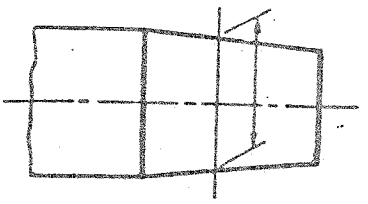


Figura 76

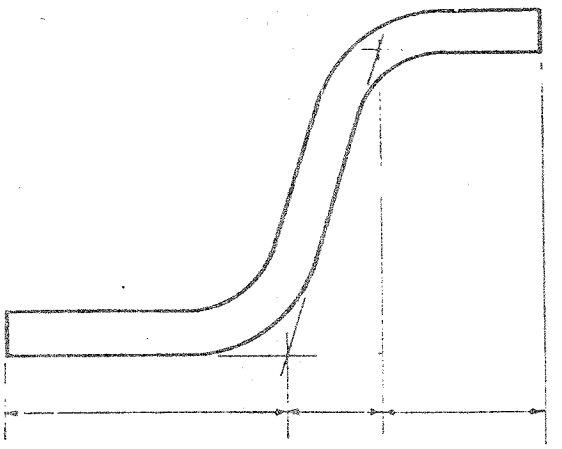


Figura 77

Figura 78

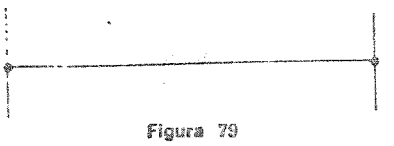


Figura 79

Figura 80

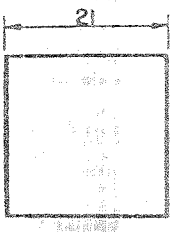


Figura 81

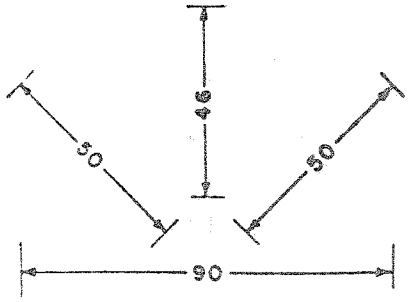


Figura 82

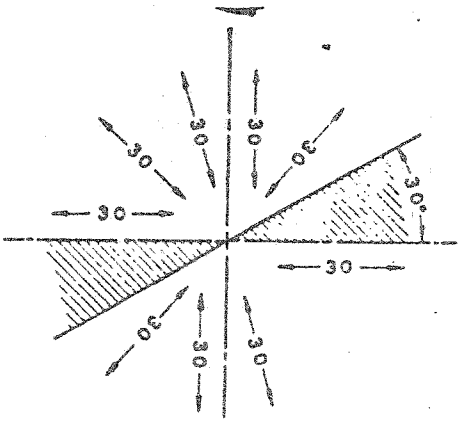


Figura 83

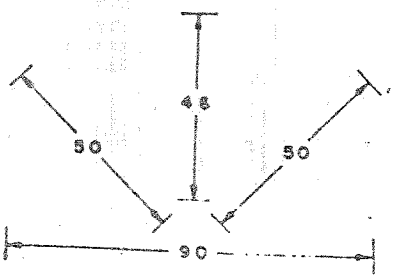


Figura 84

9.2.4 *Inscrição dos valores das cotas.*

9.2.4.1 Os números que exprimem os valores das cotas são escritos, de preferência, equidistantes dos extremos da linha de cota, em intervalo aberto pela interrupção dessa linha (Fig. 73) ou acima da mesma, que então não é interrompida (Fig. 81). No mesmo desenho, só se deve empregar uma dessas duas modalidades.

9.2.4.2 Em caso de cotas paralelas, os números são deslocados como indicam as Figs. 90 e 91.

9.2.4.3 Esses números podem ser escritos segundo a direção das linhas de cota (Fig. 82), evitando-se que estas linhas tenham uma direção compreendida dentro do ângulo de 30° hachurado na Fig. 83. Podem ainda ser escritos unidirecionalmente, sem depender então da direção da linha de cota (Fig. 84). No mesmo desenho só se deve empregar um desses dois sistemas.

9.2.4.4 Quando, no desenho, o elemento correspondente a uma cota estiver fora da escala, o número que exprime o valor da cota deve ser sublinhado (Fig. 85). Note-se que deve prevalecer sempre o valor escrito na cota e não a grandeza correspondente, na escala, à medição do elemento no desenho.

9.2.4.5 No caso de se modificar alguma cota no desenho, a cota substituída deve ser cortada por um traço, de modo, porém, que possa ser lida. A nova cota deve ser colocada, preferivelmente, acima da cota substituída.

9.2.4.6 Quando uma cota for escrita no interior de uma seção as hachuras devem ser interrompidas.

9.2.5 *Indicadores e anotações.*

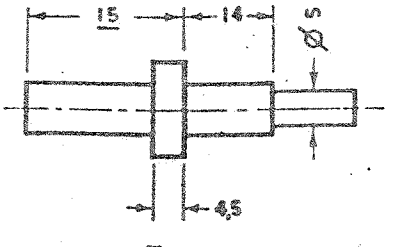


Figura 85

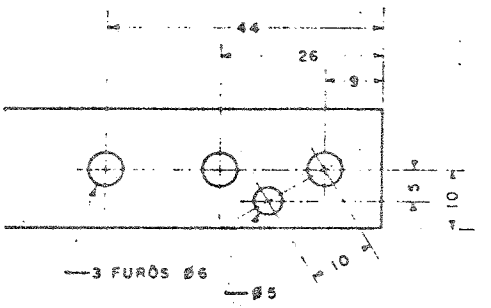


Figura 86

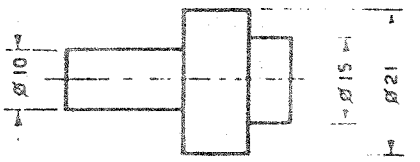


Figura 87

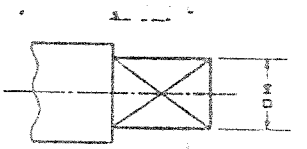


Figura 88

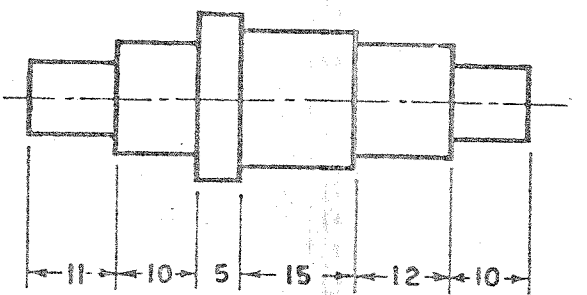


Figura 89

9.2.5.1 Quando houver necessidade de referir no desenho informação escrita ou simbólica pertinente a um detalhe do objeto, empregam-se indicadores constituídos por uma linha inclinada (geralmente a 30°, 45° ou 60°) terminada por uma seta que toca o detalhe e completada, na outra extremidade, por uma extensão horizontal junto ou acima da qual se coloca a anotação necessária (Fig. 86).

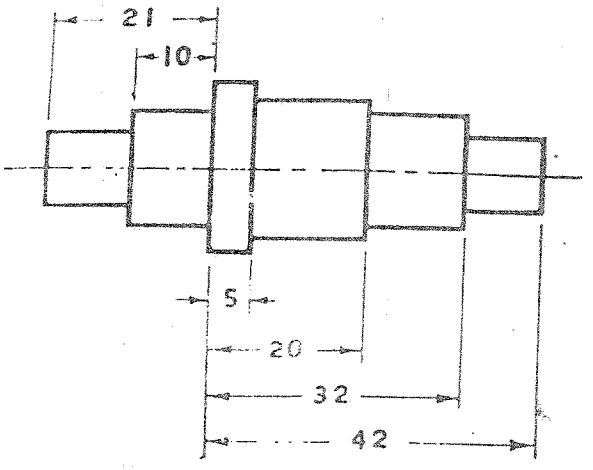


Figura 90

9.2.6 *Símbolos.*

9.2.6.1 As cotas de diâmetros têm seu valor precedido do símbolo Ø (Fig. 87); as de raio, da letra R (Figs. 105 e 106) e as de lado de quadrado do símbolo □ (Fig. 88).

9.2.6.2 Quando na vista cotada for evidente que se trata de diâmetro, raio ou quadrado, os respectivos símbolos podem ser dispensados.

9.3 *Colocação das cotas no desenho.*

9.3.1 *Posição das cotas.*

9.3.1.1 A colocação das cotas, interna ou externamente ao contorno do elemento a que se referem, deve atender aos requisitos de maior clareza, compreensão e facilidade de execução do desenho.

9.3.1.2 Cada cota deve ser ligada, por linhas de extensão, a apenas uma das vistas onde o detalhe cotado seja representado. Esta vista deve ser escolhida dando preferência à que mostra o detalhe com maior clareza ou sem deformação.

9.3.1.3 As cotas devem ser colocadas de preferência no espaço entre duas vistas.

9.3.1.4 As cotas maiores são colocadas por fora das menores, a fim de evitar cruzamentos (Fig. 90).

9.3.1.5 Cotas que tenham a mesma direção podem ser dispostas em série (Fig. 89) ou, quando admitirem origem comum, em paralelo (Fig. 90). E' permitida também a combinação dessas duas modalidades (Fig. 91).

9.3.1.6 Deve-se procurar indicar no desenho as cotas que exprimam as dimensões totais do objeto.

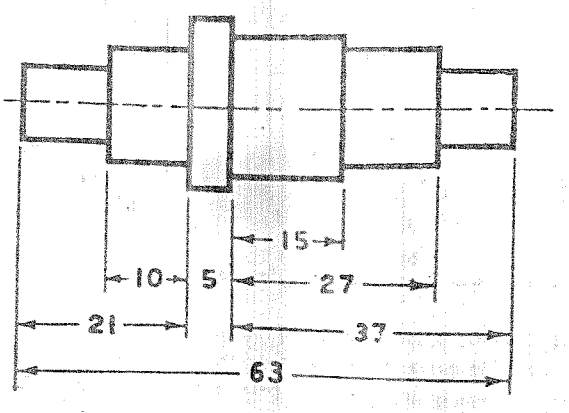


Figura 91

9.3.2 *Cotagem de detalhes correntes.*

9.3.2.1 As cotagens de corda, desenvolvimento de arco e ângulo, se diferenciam como indicam as Figs. 92, 93 e 94, respectivamente.

9.3.2.2 A cotagem de bisel ou truncamento se faz como indicam as Figs. 95, 96 e 97.

9.3.2.3 A cotagem de cilindros chanfrados se faz como indica a Fig. 97. Quando o chanfro for a 45°, pode-se simplificar a cotagem usando o indicador e a nota como na Fig. 97.

9.3.2.4 Conforme o espaço disponível no desenho, os ângulos podem ser cotados como indicam as Figs. 98, 99, 100 e 101.

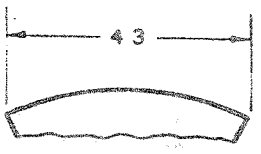


Figura 92

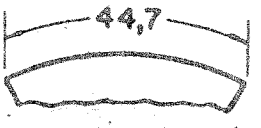


Figura 93

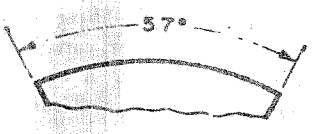


Figura 94

Figura 95

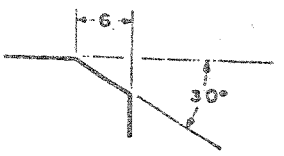


Figura 96

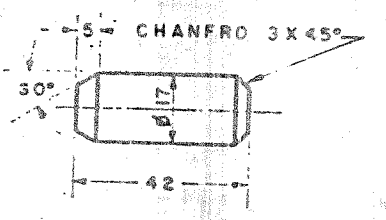


Figura 97

Figura 98

Figura 99

Figura 100

Figura 101

9.3.2.5 A cotagem de arcos de círculo se faz indicando o valor do raio por meio dos recursos apresentados nas Figs. 102, 103, 104, 105 e 106 e que são adotados conforme o espaço disponível no desenho. Deve-se ter o cuidado de assegurar que o centro do arco fique locado, seja diretamente por suas coordenadas retangulares ou polares, seja indiretamente, quando se tratar de quadrante ou concordância.

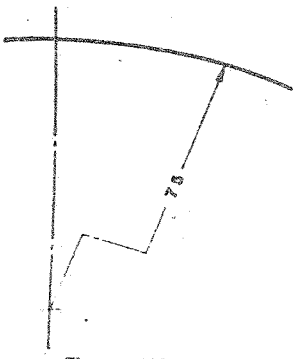


Figura 102

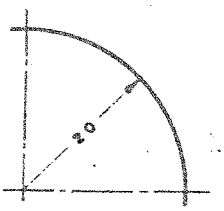


Figura 103

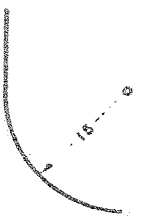


Figura 104

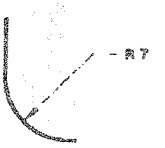


Figura 105

9.3.2.6 A cotagem de círculos se faz indicando o valor do seu diâmetro por meio dos recursos apresentados nas Figs. 107, 108, 109, 110 e 111 e que são adotados conforme o espaço disponível no desenho. A cotagem de círculos se faz normalmente para especificar furos e circunferências de centros (Fig. 112), e, excepcionalmente, para fornecer o diâmetro de cilindros maciços quando não for possível cotá-los na projeção retangular. Deve-se ter o cuidado de registrar as cotas necessárias à locação dos centros dos círculos, seja em coordenadas polares, seja em retangulares.

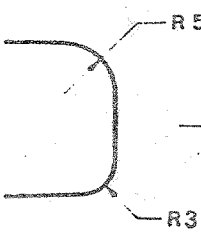


Figura 106

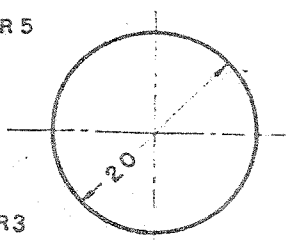


Figura 107

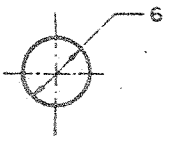


Figura 108

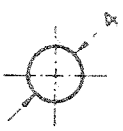


Figura 109

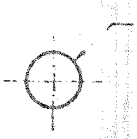


Figura 110

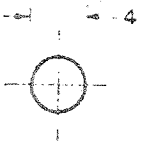


Figura 111

9.3.2.7 Os elementos esféricos são cotados pelo diâmetro ou pelo raio, precedidos da palavra «esfera», como indicam as Figs. 113 e 114.

9.3.2.8 Nos desenhos com vistas parciais de objetos simétricos, a linha de cota estende-se um pouco além do eixo de simetria, levando a seta apenas na outra extremidade. O valor indicado na cota é o da distância total (Fig. 115).

9.3.2.9 A cotagem de declividades e conicidades é feita obedecendo às conveniências e convenções próprias dos desenhos especializados em que ocorrer a sua representação.

9.3.3 *Cotagem em espaço reduzido.*

9.3.3.1 Para indicar os valores de cotas em espaço exíguo para tal fim, empregam-se os recursos ilustrados nas Figs. 116, 117 e 118.

9.4 *Cotagem de perspectivas.*

9.4.1 Quando uma perspectiva for cotada, deve-se representar, também em perspectiva, as linhas de extensão e as linhas de cota. Os algarismos dos números que exprimem os valores das cotas também são perspectivados e se representam como se estivessem escritos sobre o plano determinado pela linha de cota com as linhas de extensão. As Figs. 119 e 120 mostram, respectivamente, uma perspectiva cavaleira e uma axonométrica ortogonal, devidamente cotadas.

9.4.2 As notas, símbolos, letras e números apensos a indicadores são representados nas perspectivas como se estivessem escritos sobre um plano paralelo ao quadro, razão pela qual as letras e os algarismos respectivos são desenhados sem deformação (Figs. 119 e 120).

9.4.3 As perspectivas cônicas não costumam ser cotadas.

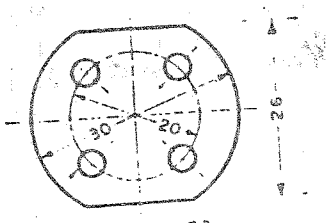


Figura 112

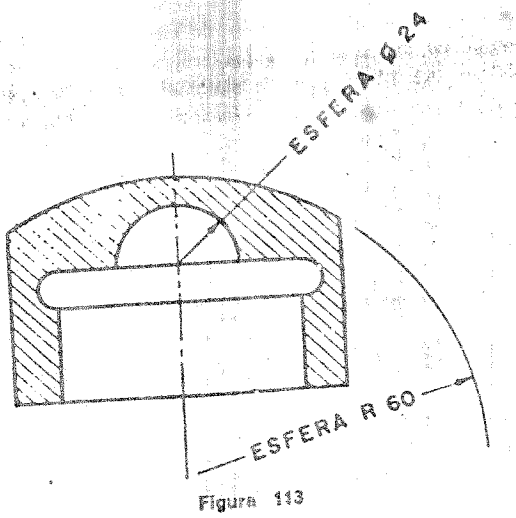


Figura 113

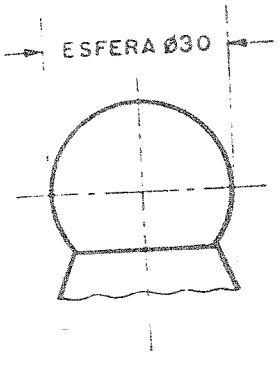


Figura 114

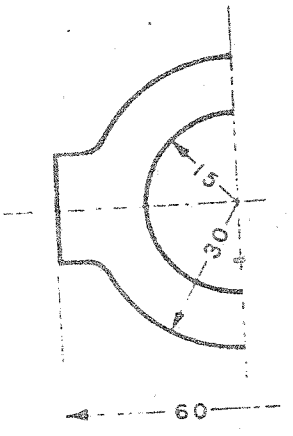


Figura 115

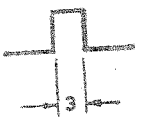


Figura 116

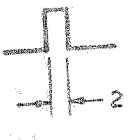


Figura 117

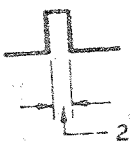


Figura 118

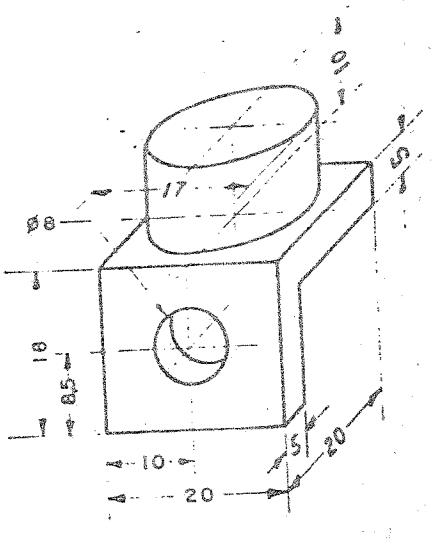


Figura 119

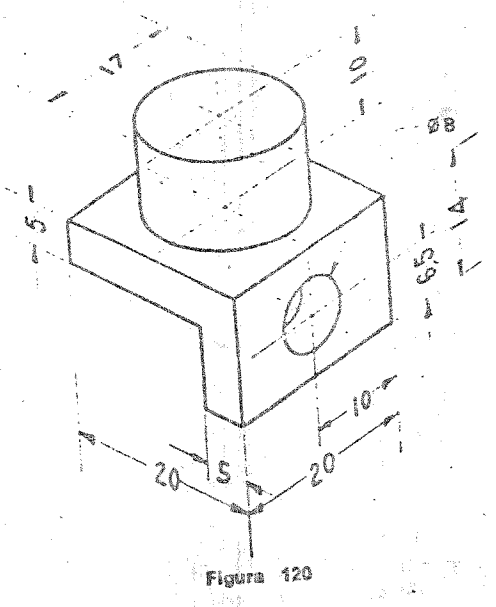


Figura 120

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

SEDE: RIO DE JANEIRO-GB — Av. Almirante Barroso, 54 - sr. 1505. DELEGACIAS: BELO HORIZONTE-MG — Rua da Bahia, 1148 - sr. 1003 e 1007/11. BRASILIA-DF — SCS Edif. Ceará, s/801. CAMPINA GRANDE-Pb — Av. Aprígio Veloso, 882. CURITIBA-PR — Univ. Federal do Paraná - Centro Politécnico - C.P. 1611. FORTALEZA-Ce — Av. Universidade, 2762 - C.P. 1264. JOINVILLE-SC — R. Albano Schmidt, 3365 - C.P. 427. PÔRTO ALEGRE-RS — Av. Oswaldo Aranha, 271. RECIFE-Pe — Rua da Saudade, 291 - Boa Vista. SALVADOR-Ba — Av. 7 de Setembro, 117 - 4º - Piedade. S. PAULO-SP — R. Marquês de Itu, 88 - 3º/4º/5º a.